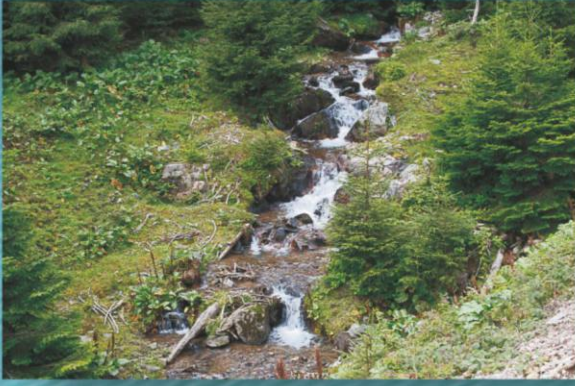


**Laura Momeu  
Mirela Cîmpean  
Karina Battes**



# **Hidrobiologie**



**Presa  
Universitară  
Clujeană**

**LAURA MOMEU**

**MIRELA CÎMPEAN**

**KARINA BATTES**

**HIDROBIOLOGIE**

***Referenți științifici:***

**Prof. univ. dr. Rákosy László**

**Prof. univ. dr. Péterfi Leontin Ștefan**

ISBN 978-606-37-0321-8

© 2018 Autoarele volumului. Reproducerea integrală sau parțială a textului, prin orice mijloace, fără acordul autoarelor, este interzisă și se pedepsește conform legii.

Universitatea Babeș-Bolyai  
Presa Universitară Clujeană  
Director: Codruța Săcelean  
Str. Hasdeu nr. 51  
400371 Cluj-Napoca, România  
Tel./fax: (+40)-264-597.401  
E-mail: [editura@editura.ubbcluj.ro](mailto:editura@editura.ubbcluj.ro)  
<http://www.editura.ubbcluj.ro/>

**LAURA MOMEU**

**MIRELA CÎMPEAN**

**KARINA BATTES**

# **HIDROBIOLOGIE**

**PRESA UNIVERSITARĂ CLUJEANĂ**

**2018**





# CUPRINS

## Introducere

### 1. Noțiuni generale despre apă 8

### 2. Proprietățile apei 17

#### 2.1. Proprietăți organoleptice 17

#### 2.2. Proprietăți fizice 18

#### 2.3. Proprietăți chimice 28

### 3. Comunități de organisme acvatice 44

#### 3.1. Plankton 45

#### 3.2. Neuston 50

#### 3.3. Pleuston 52

#### 3.4. Necton 52

#### 3.5. Bentos 54

### 4. Ecosisteme acvatice continentale 61

#### 4.1. Apele subterane 62

#### 4.2. Ecosisteme cu ape curgătoare - mediul lotic 63

#### 4.3. Ecosisteme acvatice cu apă stătătoare - mediul lentic 80

#### 4.4. Zone umede 97

### 5. Mări și oceane 102

### 6. Influența antropică asupra ecosistemelor acvatice 117

## Bibliografie 129



## Introducere

Ecosistemele acvatice au o importanță majoră în buna funcționare a sistemului planetar, avînd în vedere faptul că trei sferturi din Terra sunt acoperite cu apă. Se spune că nu poți iubi ceea ce nu cunoști, iar extinzînd acest dicton, putem afirma că nu se poate proteja ceea ce nu se cunoaște îndeajuns. Iată de ce studierea structurii și funcționării ecosistemelor acvatice, cu toate aspectele legate de compoziție, rol, transfer de energie, circuit de materie etc. reprezintă o condiție *sine qua non* a protecției și conservării mediului natural.

Această carte este o prezentare teoretică a celor mai importante aspecte ce definesc mediul acvatic: principalele trăsături fizico-chimice, caracterizarea comunităților biotice care trăiesc aici, detalierea categoriilor principale de ecosisteme acvatice, atât continentale cît și marine/oceanice; iar în final o trecere în revistă a influenței umane asupra acestui mediu particular.

Astfel, lucrarea de față reprezintă un curs de hidrobiologie, abordarea didactică fiind evidentă în toate capitolele: clasificările, definițiile sau ilustrațiile urmăresc tendințele moderne din literatura de specialitate, însă nu au fost ignorate nici lucrările similare elaborate de specialiști români. Scopul declarat al prezentului curs de hidrobiologie este să prezinte bazele acestei științe complexe împreună cu teoriile sau conceptele moderne dezvoltate în domeniu.

În paginile următoare au fost abordate diferențiat principalele ramuri ale hidrobiologiei: accentul s-a pus pe limnologie (descrierea caracteristicilor apelor continentale), aceasta reprezentînd domeniul de cercetare al autorilor. Mediul marin a fost prezentat mai rezumativ, încercîndu-se includerea celor mai importante trăsături și descrierea fenomenelor majore ce au loc în mări și oceane. Zonele umede au fost doar trecute în revistă, fără detalii, deoarece există un curs special ce se ocupă cu acestea.

Această abordare diferențiată a problemelor de ecologie acvatică răspunde cerințelor programelor actuale de studiu de la nivel licență, disciplina de HIDROBIOLOGIE fiind încadrată în *curricula* sistemului Bologna într-un singur semestru.

Considerăm totuși că oricine parcurge paginile acestui manual și își completează cunoștințele cu GHIDUL DE LUCRĂRI PRACTICE ÎN HIDROBIOLOGIE, APE CONTINENTALE, apărut la aceeași editură, poate înțelege cele mai importante caracteristici, procese sau concepte legate de mediul acvatic și poate realiza importanța covîrșitoare pe care o are apa în viața noastră.

## Autorii



## 1. Noțiuni generale despre apă

Apa a fost elementul esențial care a determinat și condiționat apariția, diversificarea și dezvoltarea vieții pe Pământ, fiind mediul primar de viață și prin urmare atribuindu-i-se rolul de leagăn al vieții pe Pământ. Evoluția și dezvoltarea societății omenești a fost și este strâns legată de existența apei, omul a fost mereu legat de apă, stabilindu-se în mod voluntar pe țărmul mării, a lacurilor, a râurilor sau în apropierea unor surse de apă. Astăzi se cunosc preocupările marilor civilizații dispărute pentru asigurarea apei necesare vieții chiar în condițiile cele mai nefavorabile.

Acest rol primordial al apei a fost recunoscut din cele mai vechi timpuri, preocupând pe marii învățați ai timpului. Thales din Milet, referindu-se la rolul apei în menținerea vieții pe Pământ dar și a dezvoltării societății omenești, spunea că apa este *“element atotputernic și răspândit pretutindeni”*. Mai târziu, Leonardo da Vinci afirma că *“apei i-a fost dată puterea magică de a deveni seva vieții pe Pământ”*.

Rezultatele cercetărilor efectuate, în primul rând a celor de paleontologie și geologie, atestă faptul că cele mai vechi organisme cunoscute de pe Pământ au trăit în oceanul primar. Estimativ, se consideră că aproximativ 75% dintre organismele de pe Pământ au apărut în apă (69% în mări și oceane și 6% în apele dulci) și doar 25% pe uscat.

După o evoluție de miliarde de ani, trăsătura fundamentală a Pământului este cantitatea mare de apă existentă care acoperă peste 71% din suprafața sa (aproximativ 360.000.000 km<sup>2</sup> din suprafața totală a planetei, care este de aproximativ 510.000.000 km<sup>2</sup>). Peste 97% din volumul total de apă din biosferă, estimat la peste 1,4 miliarde km<sup>3</sup>, este reprezentat de apa sărată a mărilor și oceanelor și mai puțin de 3% de ape dulci, în condițiile în care între apele aflate pe uscat se găsește un număr însemnat de bazine cu apă sărată (tabel 1.1.). Prin urmare, cantitatea de apă dulce, cea care susține viața pe uscat, este deosebit de redusă, comparativ cu volumul total de apă existent, cea care poate fi utilizată direct de către om reducându-se la mai puțin de 1%, având în vedere cantitatea mare de apă dulce imobilizată în calotele glaciare și ghețari. La aceasta se adaugă distribuția inegală a apei dulci pe suprafața pământului, cu zone care au apă dulce în exces și altele deficitare sau aproape complet lipsite de apă. Astfel, studiarea ecosistemelor acvatice are o importanță deosebită, în scopul cunoașterii, protecției și conservării acestora, în concordanță cu principiile dezvoltării durabile.

Tabel 1.1. Volumul de apă din biosferă și timpul de reînnoire (după Wetzel, 2001)

	<b>Volum (mii de km<sup>3</sup>)</b>	<b>Procentul din total</b>	<b>Timpul de reînnoire</b>
Oceane	1.370.000	97,61	3.100 ani
Apa din calotele polare și ghețari	29.000	2,08	16.000 ani
Apă subterană	4.000	0,29	300 ani
Lacuri cu apă dulce	125	0,009	1-100 ani
Lacuri cu apă sărată	104	0,008	10-1.000 ani
Apa din sol	67	0,005	280 zile
Râuri	1,2	0,00009	12-20 zile
Apa sub formă de vapori din atmosferă	14	0,0009	9 zile

Resursele de apă dulce de pe Pământ, ca toate celelalte resurse naturale, au un caracter finit, rezultatele cercetărilor întreprinse în scopul creșterii cantității de apă dulce pe Terra (prin desalinizări de exemplu) deși semnificative, au caracter prohibitiv datorită costurilor ridicate pentru cele mai multe țări, mai ales în condiții de recesiune economică. Este cunoscut faptul că societatea omenească a manifestat tendința de a ignora realitățile legate de exploatarea resurselor naturale în ansamblu, inclusiv cele de apă dulce în mod concret. Așa s-a ajuns ca în decursul dezvoltării societății omenești să apară fenomenele de criză legate de modul de utilizare a resurselor oferite de

mediul înconjurător. Apa dulce, ca orice altă resursă naturală, a fost și este supusă unei puternice presiuni demoforice (*demos*, gr. = popor, populație) (Wetzel, 1983) sau demotehnice (Wetzel, 2001). Se estimează astfel că una dintre marile provocări ale viitorului pentru menținerea vieții pe Pământ va fi problema apei dulci.

Principala cauză care a condus la criza apei dulci pe Pământ în contextul crizei ecologice generale este omul, cu necesitățile sale crescînde, care a determinat dezvoltarea fără precedent a tehnologiilor în toate domeniile de dezvoltare economică, politică, socio-culturală și spirituală. Acest lucru a determinat o serie de crize în dezvoltarea societății omenеști, iar gradul de severitate al stresului provocat de acestea a crescut din ce în ce mai mult (fig. 1.1.). Subliniem în primul rînd creșterea numărului de locuitori de la 1 la 6 miliarde în secolul trecut și 7 miliarde în 2011 (fig. 1.2.), cu previziunea de a se ajunge la 9-10 miliarde în anul 2050 (Ramade, 2002). Acest lucru a avut drept urmare creșterea consumului de apă în condițiile în care resursele au rămas neschimbate sau s-au diminuat. Mai gravă este degradarea calității apei datorită activităților de producție, ajungîndu-se astăzi la modificări grave, practic ireversibile ale apei din multe ecosisteme acvatice continentale, dar chiar și din pînză de apă freatică, unde timpul de reciclare și înlocuire este de ordinul sutelor de ani. Acest lucru poate constitui factorul principal care să stopeze și să prejudicieze grav dezvoltarea societății omenеști. Astăzi se cunoaște de exemplu că dezvoltarea economică viitoare a Chinei poate fi profund influențată de poluarea cu azotați și azotiți a pînzei de apă freatică. Urmare a aceleiași cauze se cunosc numeroase procese grave care influențează cantitatea și calitatea apei pe Pământ, cum ar fi poluarea accentuată a mediului acvatic, mineritul, defrișările masive, drenări etc. Toate acestea se manifestă la nivel continental sau pe toată suprafața Pămîntului, determinînd în final schimbările climatice la nivel global, tot mai evidente în ultimul timp. Menționăm și fluctuațiile periodice ale climatului cu succesiunea de glaciațiuni și interglaciațiuni, așa cum se cunosc din evoluția Pămîntului (Botnariuc, 2003), care contribuie la rîndul lor la modificări și la nivelul ecosistemelor acvatice.

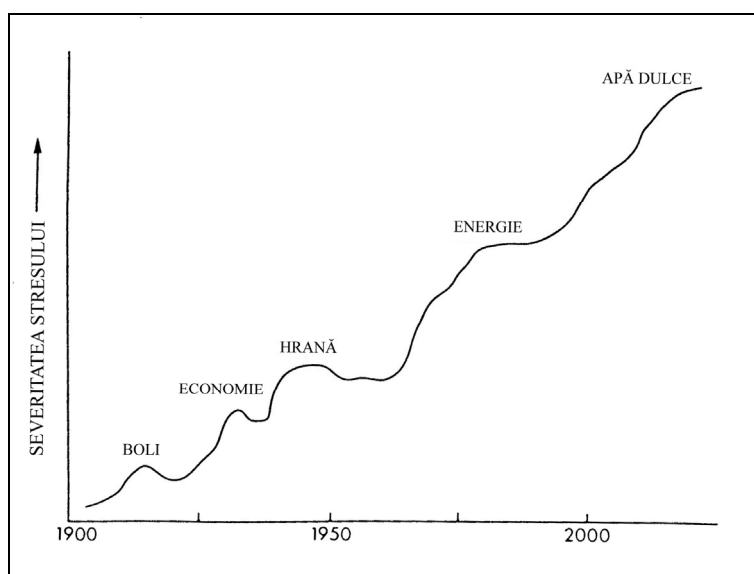


Fig. 1.1. Tipuri de crize înregistrate de societatea umană și gradul lor de severitate (modificat din Wetzel, 1983)

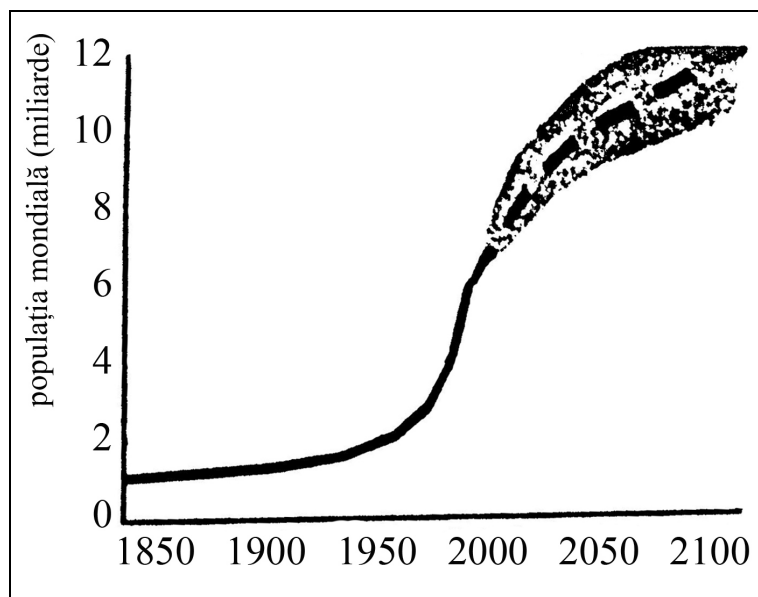


Fig. 1.2. Evoluția populației mondiale – a numărului de locuitori pe Pământ (modificat din Ramade, 2002)

În aceste condiții, omenirea este obligată să încerce să realizeze eficientizarea producției, cu tot ce presupune acest proces în toate domeniile, pentru a reuși să prevină degradarea și dispariția ecosistemelor naturale, respectiv chiar un foarte probabil colaps al acestora. Pericolul este mult mai mare pentru ecosistemele acvatice, a căror stabilitate este mult mai fragilă atunci când apar factorii perturbatori, comparativ cu cele terestre. Faptul că apa, mediul acvatic în general, este o resursă vulnerabilă a fost admis la Summitul Pământului de la Rio (1992). Menținerea resurselor de apă dulce existentă și păstrarea calității acesteia constituie una dintre marile probleme care se manifestă în hidrosferă, alături de reducerea biodiversității, schimbările climatice și folosirea resurselor naturale din mediul acvatic conform principiilor dezvoltării durabile. Aceste probleme se manifestă la nivel global, deopotrivă în țările dezvoltate sau cele în curs de dezvoltare sau slab dezvoltate, importanța lor însă este diferită nu numai de la o regiune geografică la alta, ci chiar de la o țară la alta. Dimensiunile crizei apei ating valori catastrofale mai ales în zonele cele mai sărace ale lumii, cele suprapopulate și cu resurse limitate de apă. Acest lucru a fost subliniat și la Summitul asupra dezvoltării durabile de la Yohannesburg (2002), unde s-a propus reducerea la jumătate, până în 2015, a numărului de locuitori care nu au acces la o sursă sigură de apă. Lipsa surselor de apă pe teritoriul unor țări a fost și poate constitui una dintre cauzele unor războaie. Rezultă din cele câteva aspecte menționate, pe de o parte necesitatea intensificării cercetărilor privind bazele științifice ale conservării și protecției ecosistemelor acvatice, ca medii de viață, habitate specifice pentru viața sălbatică, dar și ca sursă de apă și materii prime pentru om. Pe de altă parte, este nevoie mai mult ca oricând de o colaborare transfrontalieră atât în domeniul cercetării cât și a aplicării rezultatelor în managementul apelor continentale sau oceanice, care pe lângă protecție, conservare și utilizarea durabilă a resurselor presupune și restaurarea ecosistemelor acvatice. Aceste deziderate, realizate pe termen mediu sau lung pot fi atinse numai prin colaborare și coordonare, prin comunicare și educație, implementate la toate nivelurile. Numai în acest mod se va putea ajunge în viitor la utilizarea și managementul durabil al resurselor de ape naturale, ca o garanție a menținerii vieții și supraviețuirii omului pe Pământ.

### Obiectul de studiu al hidrobiologiei

Hidrobiologia (*hidror* gr. – apă; *bios* gr. – viață; *logos* gr. – vorbire, știință) este o disciplină ecologică, avînd ca obiect de studiu, în sens larg, structura și funcționarea ecosistemelor acvatice, marine sau continentale, în strînsă legătură cu factorii de mediu. Hidrobiologia are trei ramuri distincte: oceanologia, limnologia și freatologia. Oceanologia studiază comunitățile de organisme din mări și oceane în corelație cu factorii de mediu. Limnologia (*limne* gr. – lac, baltă; *logos* gr. –

vorbire, știință) se ocupă de studiul relațiilor structurale și funcționale și de productivitatea comunităților de organisme din ecosistemele acvatice continentale (cu apă curgătoare sau stătătoare dulce, sărată sau salmastră). Freatologia studiază interrelațiile dintre organismele care populează apele subterane și factorii specifici de mediu.

Hidrobiologia în ansamblu, dar și fiecare dintre ramurile acesteia luate separat, sunt domenii care se încadrează la științele de sinteză, domenii multidisciplinare, studiile efectuate presupunând cunoștințe din multe alte domenii. Astfel, studiarea originii bazinelor acvatice, a naturii substratului lor, a morfologiei și modificărilor acestora în timp, procesele de eroziune, sedimentare etc., presupun cunoștințe de geologie. Aspectele legate de cantitatea de săruri dizolvate, de nutrienți, în special la apele continentale, în vederea estimării nivelului de troficitate sau a producției acestora presupun studii legate de factorii edafici (*edaphos* gr. – sol, pământ) de cei chimici și fizici. Studiul proprietăților fizice și chimice ale apei și substratului presupune de asemenea cunoștințe de bază din domeniul chimiei și fizicii. Nu se pot exclude factorii climatici (lumină, temperatură, precipitații, vânt etc.) care condiționează și determină biologia organismelor acvatice precum și alte cunoștințe oferite de geografie și hidrologie. Urmărirea evoluției și succesiunea unor bazine acvatice necesită cunoștințe din domeniul paleo-limnologiei, paleontologiei și palinologiei (*paleo* gr. – vechi; *palyno* gr. – a risipi).

În etapa actuală de dezvoltare, interpretarea datelor rezultate în urma studiilor hidrobiologice nu se poate efectua fără prelucrarea statistică a datelor și deci implicarea matematicii și a informaticii, inclusiv cu aspecte legate de metoda modelării, cu aplicabilitate în cadrul studiilor de prognoză pe termen mediu sau lung a efectelor modificărilor climatice globale: modificări ale temperaturii și deșertificarea, schimbarea conformației țărmurilor continentelor, modificări ale curenților oceanici sau efectele poluării cu nutrienți, metale grele, pesticide asupra surselor de apă potabilă etc.

Cunoștințe absolut obligatorii în studiul organismelor acvatice sunt cele din domeniul biologiei și ecologiei ca disciplină biologică. Sunt implicate toate ramurile acestor discipline: botanica, zoologia, microbiologia, fiziologia vegetală și animală, ecofiziologia vegetală și animală, ecosisteme și populații specifice, cu structura și funcțiile lor, genetica, biologia celulară și moleculară, studiul zonelor umede etc. Odată cu dezvoltarea tehnologică din toate domeniile de activitate au apărut o serie de noi orientări pentru cercetările hidrobiologice: probleme legate de evaluarea impactului și redresarea ecologică, monitorizarea ecosistemelor acvatice, cercetarea surselor de apă potabilă, protecția și epurarea apelor impurificate, combaterea organismelor dăunătoare și patogene, specii invazive, acvacultură, studiul bazinelor care funcționează în regim dirijat (iazuri, heleștee, lacuri de baraj), gospodărirea apelor utilizate în scop industrial, agricol, medico-sanitar, prognoza schimbărilor și monitorizarea acestor aspecte.

Subliniem în mod deosebit studiile pentru elaborarea bazelor științifice ale conservării și protecției ecosistemelor acvatice ca medii de viață și habitate specifice dar și ca surse de apă și materii prime pentru om, în scopul exploatării durabile și pentru managementul resurselor de apă.

În foarte multe cazuri cercetările hidrobiologice presupun și studii interdisciplinare, aflate la granița dintre mai multe discipline: biochimie, biofizică, biomatematică, bionică, bioeconomie etc., alături de toate domeniile care vizează biotehnologiile, acestea din urmă încadrându-se atât la domeniul multidisciplinar cât și la cel interdisciplinar.

### **Apa ca mediu de viață**

Apa a apărut pe Pământ cu aproximativ 4,5 miliarde de ani în urmă, se crede prin cristalizarea magmei precambriene granitice la suprafața Pământului, în situația modificării condițiilor climatice existente atunci, rezultând uscatul și apa la suprafața Terrei. Se estimează că la începutul precambrianului (cu aproximativ 3,5 miliarde de ani în urmă) exista prima crustă solidă la suprafața Terrei și oceanele (Botnariuc, 2003) în care au apărut primele forme de viață capabile de fotosinteză anoxigenică (bacterii sulfuroase). Apariția apei la suprafața Pământului a avut rol hotărâtor în evoluția ulterioară a acestuia. Pe baza datelor oferite de cercetările geologice și paleontologice s-a demonstrat că primele forme de viață, cele mai vechi organisme cunoscute pe Pământ, au trăit în apa



oceanului primar. Acest fapt constituie primul argument în sprijinul afirmației că apa a fost mediul primar în care a apărut, s-a dezvoltat și a evoluat viața pe Pământ. Pe parcursul acestei evoluții apa a rămas și continuă să fie mediu de viață, habitat pentru numeroasele organisme acvatice și în același timp condiție esențială, prin apa dulce, de menținere și diversificare a organismelor terestre, inclusiv a vieții omului. Se aproximează că peste 75% dintre speciile de plante și animale care trăiesc astăzi pe Pământ au apărut în apă și mai puțin de 25% pe uscat. Unele dintre formele terestre de viață își au stadii de dezvoltare în mediul acvatic, exemplul clasic fiind cel al speciilor de țințari.

Elementele care pledează pentru rolul hotărâtor pe care l-a avut și îl are apa în menținerea vieții pe Pământ sunt:

- viața a apărut în apă;
- apa este componenta principală din corpul organismelor, ajungând uneori la peste 90% din masa acestora;
- datorită polarității moleculei de apă, aceasta este aproape un solvent universal, dizolvând un număr foarte mare de substanțe chimice, făcându-le astfel accesibile organismelor, în primul rând celor terestre;
- principalele medii interne circulante pentru plante (seva brută și cea elaborată) și pentru animale (sângele și limfa) sunt medii apoase, ca și produșii de excreție și unii de secreție;
- metabolismul plantelor și al animalelor se bazează pe reacții de oxido-reducere în care molecula de apă are un rol important;
- prin cantitatea imensă de organisme planctonice fotoautotrofe, oceanul planetar este un imens rezervor de oxigen necesar menținerii vieții pe Pământ.

### Ciclul hidrologic

Apa se găsește pe Pământ în stare lichidă, solidă și gazoasă, atât în litosferă (învelișul solid al Pământului; *lithos* gr. – piatră) cât și în atmosferă (învelișul gazos; *atmos* gr. – abur), unde cantitățile de apă sunt mult mai mici. Învelișul lichid al planetei realizează volumul cel mai mare, prin mări, oceane, ape continentale și ape subterane și poartă numele de hidrosferă. Circulația apei în natură (sau ciclul hidrologic) este determinată în principal de radiația solară – temperatura, precum și de alți factori climatici cum ar fi vântul sau de cantitatea de umiditate existentă în atmosferă. La aceștia se adaugă forța gravitațională a Pământului sau unele proprietăți ale apei și anume greutatea specifică și coeziunea moleculară, precum și capilaritatea în litosferă.

Circuitul apei în natură are loc, așa cum am arătat, atât în litosferă cât și în atmosferă, incluzând în acest circuit viețuitoarele (biosfera) din ecosistemele terestre și acvatice. Prin urmare, se poate vorbi de ciclul bio-geo-chimic al apei în natură (fig. 1.3.). Aceasta cade pe Pământ sub formă de precipitații (lichide sau solide), de unde ajunge înapoi prin evaporare sau evapotranspirație, în atmosferă, în special în troposferă, existând în permanență apă sub formă de vaporii. Din apa care ajunge pe uscat, o parte se scurge la suprafață, ajungând în apele de suprafață: lacuri, râuri, fluvii. La rîndul lor, apele curgătoare se varsă în mări sau oceane. O altă parte se infiltrează, alimentînd pînza de apă freatică, care la rîndu-i este sursă de apă pentru apele de suprafață. Cantitatea cea mai mare de apă se evaporă de la suprafața mărilor și oceanelor: 423.000 km<sup>3</sup> anual, reprezentînd 85%, față de doar 15% apă evaporată de pe uscat, evaluată la aproximativ 73.000 km<sup>3</sup> anual (Dodds, 2002). O cantitate egală de apă revine pe Pământ sub formă de precipitații: aproximativ 110.000 km<sup>3</sup> anual pe uscat (aproximativ 22%) și 386.000 km<sup>3</sup> (reprezentînd 78%) în mări și oceane. Acest aparent deficit pentru apele mărilor și oceanelor este compensat de aportul apelor de pe continent, în primul rînd râuri și fluvii, cu un debit anual de aproximativ 37.000 km<sup>3</sup>. Acest lucru se realizează parțial și inegal în timp și spațiu, în unele zone aportul de apă adus de marile fluvii (de exemplu Amazon) este substanțial pentru ocean. La fel de inegală în timp și spațiu este și cantitatea de precipitații care cade pe Pământ, în funcție de zonele climatice, existînd modele anuale pentru diferitele zone geografice. Există zone cu exces de umiditate ca și zone unde nu plouă aproape niciodată – cum ar fi Deșertul Namibiei. Timpul de reînnoire sau de recirculare a apei într-un anumit sistem este foarte diferit, fiind de ordinul miilor sau zecilor de mii de ani pentru calotele de gheață de la cei doi poli, de ordinul sutelor sau miilor de ani pentru oceane, zeci sau sute de ani pentru pînza de apă freatică și de ordinul zilelor în râuri (12 - 20 zile) sau a apei din atmosferă (9 zile) (tabel 1.1.).

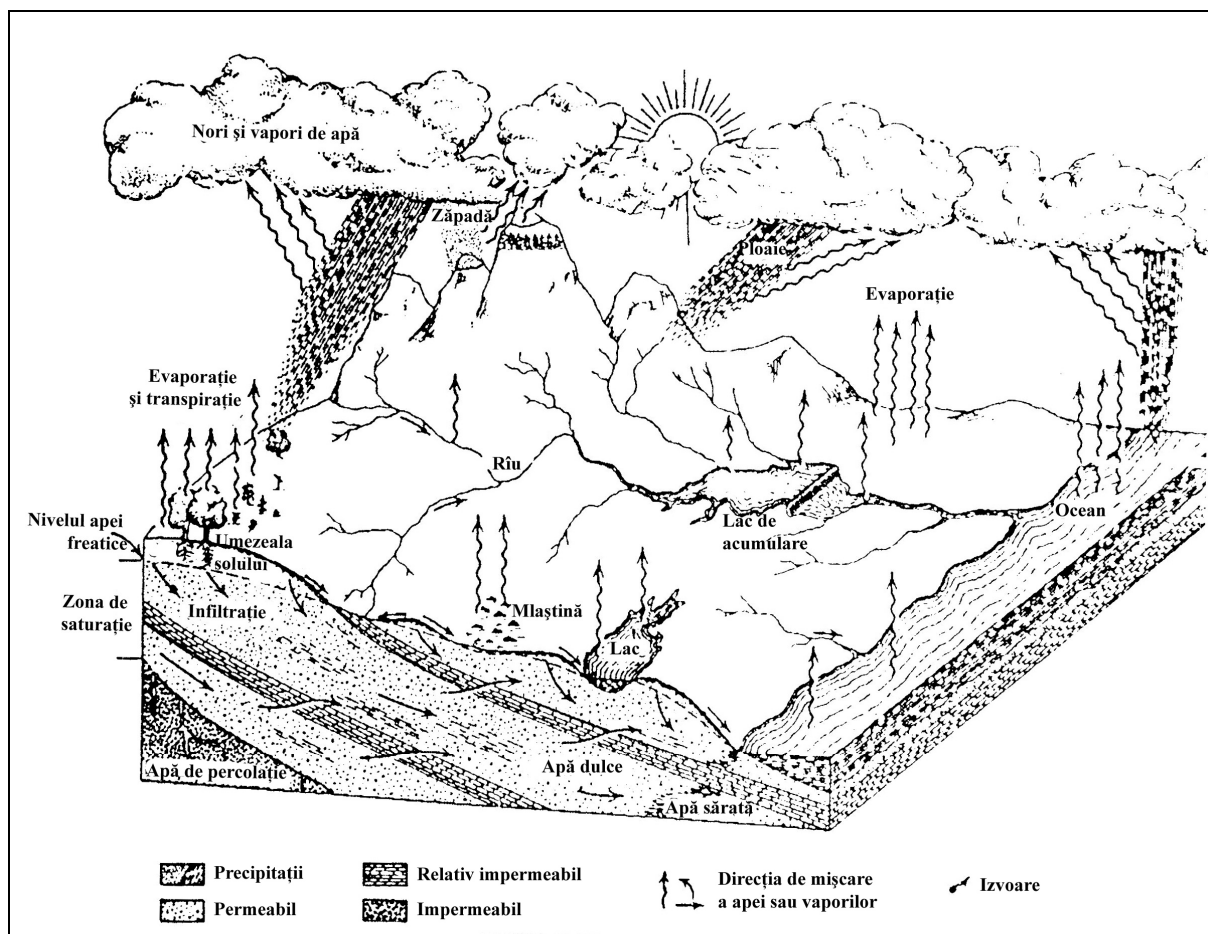


Fig. 1.3. Ciclul hidrologic al apei în natură (modificat din Lundin (ed.), 2000)

### Particularități ale structurii moleculei de apă

Apa este din punct de vedere chimic un oxid, oxidul de hidrogen,  $H_2O$ , cu masa moleculară 18. Apa și mercurul sunt singurele elemente prezente în natură sub formă de agregare lichidă, apa fiind singurul compus chimic care se găsește în permanență în natură sub cele trei stări de agregare: lichidă, solidă și gazoasă. Acoperă aproximativ 2/3 din suprafața Pământului și reprezintă peste 90% din structura materiei vii.

Apa are proprietăți neobișnuite, comparativ cu a substanțelor similare ca structură, care decurg din structura moleculei de apă  $H - O - H$  stabilită de Lavoisier în 1783. Luată ca întreg, molecula de apă este neutră electric, aceasta conținând atât sarcini pozitive ( $H^+$ ) cât și negative ( $O^{2-}$ ), dispuse la cei doi poli ai moleculei sub forma unui triunghi echilateral. Prin urmare, apa este un dipol, dizolvând un număr mare de substanțe chimice din natură, de aici rezultând faptul că apa este un solvent aproape universal. Polaritatea moleculei de apă determină disocierea rapidă și ușoară a electroliților, ca urmare a atracției sau respingerii lor de către molecula de apă. Din această structură decurg și proprietățile apei deosebit de complexe și foarte diferite prin constantele ei termodinamice comparativ cu ale substanțelor similare din punct de vedere chimic.

Polaritatea moleculei de apă explică legăturile de hidrogen dintre moleculele apei (fig. 1.4.), cu formarea unor agregate sau asociații moleculare în urma interacțiunii dintre moleculele de apă. Aceeași structură determină lipsa apei pure din natură și dificultatea obținerii în stare pură în laborator (apă distilată – apă bidistilată – apă pură). Aceste grupări sau agregate ale moleculei de apă poartă numele de hidrol: monohidrol –  $H_2O$ ; dihidrol –  $(H_2O)_2$ ; trihidrol –  $(H_2O)_3$  și polihidrol –  $(H_2O)_n$ . Aceste formațiuni sunt dinamice și instabile, temperatura fiind factorul care determină formarea sau ruperea legăturilor și modificări în modul de dispunere a moleculelor de apă. În stare lichidă se formează asociații moleculare lineare (fig. 1.5.).

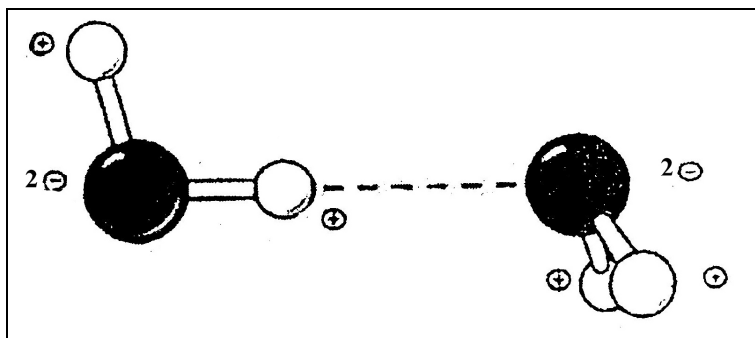


Fig. 1.4. Legătura de hidrogen între moleculele de apă (din Roșu, 2006)

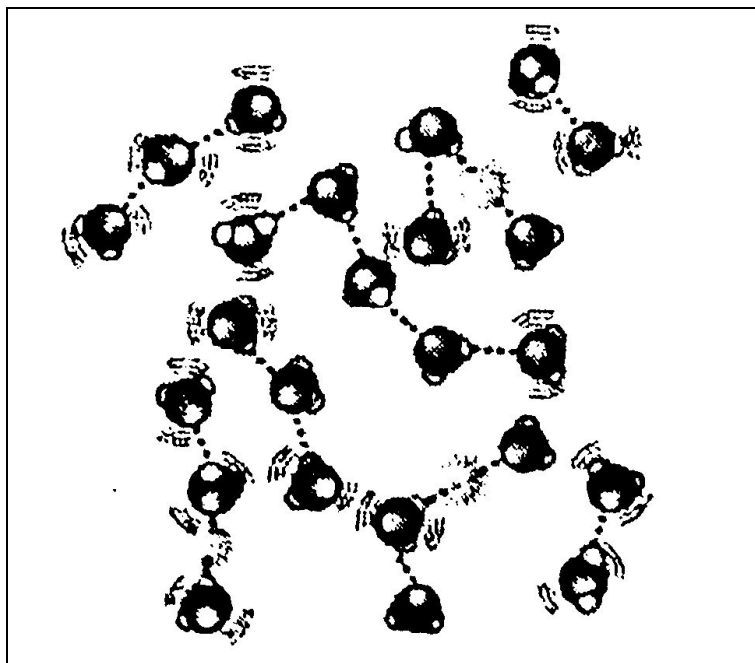


Fig 1.5. Asociații moleculare lineare ale moleculelor de apă în stare lichidă (din Roșu, 2006)

Scăderea treptată a temperaturii determină micșorarea agitației moleculare și o micșorare a distanțelor dintre molecule, rezultând o creștere a densității, atingând valoarea cea mai mare la temperatura de  $4^{\circ}\text{C}$ . Atingerea punctului de îngheț determină o reorientare a moleculelor de apă, o extensie în spațiu a acestora, cu formarea unor agregate deschise în structura cristalină a gheții (fig. 1.6.). Această structură prinde în interior, mai ales la margini, cantități de aer, ceea ce determină scăderea densității gheții, care plutește la suprafața apei. Creșterea temperaturii și prin urmare creșterea agitației moleculare, are drept rezultat distorsionarea și ruperea legăturilor de hidrogen, începând de la marginea cristalelor, continuând cu dislocări și fracturări în interiorul rețelei cristaline, ceea ce determină afnarea structurii gheții și în final topirea ei. Dacă temperatura crește în continuare, pînă la valoarea care determină evaporarea și apoi fierberea, are loc ruperea legăturilor dintre moleculele de apă, ajungînd la forme moleculare simple ale apei în stare de vapori (fig. 1.7.).

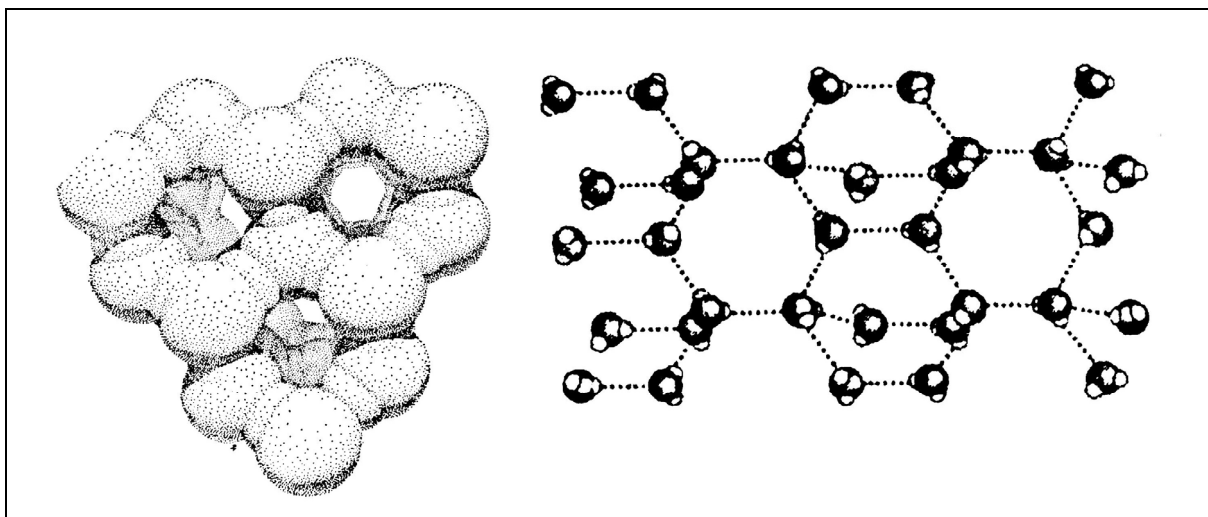


Fig. 1.6. Structura cristalină a agregatelor compuse din molecule de apă în stare solidă (după Wetzel, 2001 și Roșu, 2006)

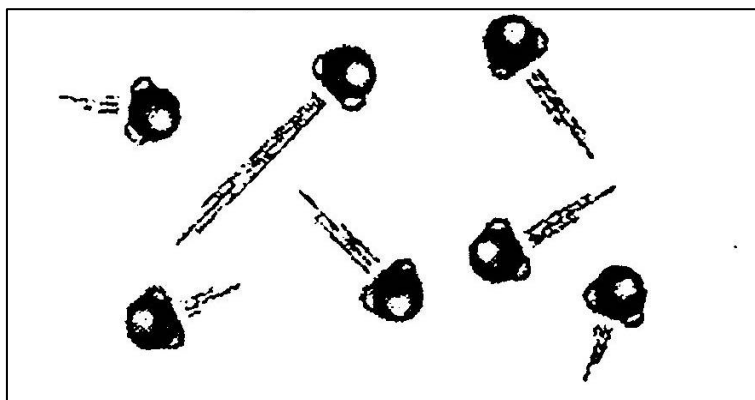


Fig. 1.7. Forme moleculare simple ale apei în stare de vapori (din Roșu, 2006)

Apa din natură este un amestec de molecule care au în structura lor cei trei izotopi ai hidrogenului H, D ( $^2\text{H}$ ) și T ( $^3\text{H}$ ) și respectiv cei trei izotopi stabili ai oxigenului:  $^{16}\text{O}$ ;  $^{17}\text{O}$ ;  $^{18}\text{O}$ . Cea mai mare parte a apei din natură, peste 99%, are în compoziție izotopul ușor al hidrogenului și cel stabil al oxigenului  $^{16}\text{O}$ . Cantități foarte mici sau infime de apă în natură pot avea în compoziția apei unii dintre ceilalți doi izotopi stabili ai oxigenului ( $^{17}\text{O}$ ;  $^{18}\text{O}$ ) și izotopii grei ai hidrogenului – deuteriu ( $^2\text{H}$ ) și tritium ( $^3\text{H}$ ). Cantitatea de apă din natură care conține  $^{17}\text{O}$  și  $^{18}\text{O}$  se estimează la aproximativ 0,07%, respectiv 0,2%. Se estimează că la 10.000 părți de apă care are în compoziție  $^{16}\text{O}$  revin 2 părți de apă cu  $^{18}\text{O}$  și 4 părți de apă cu  $^{17}\text{O}$ . Mai importante sunt cantitățile de apă care au în structură izotopii grei ai hidrogenului – deuteriu ( $^2\text{H}$  sau D) și tritium ( $^3\text{H}$  sau T) care formează cu  $^{16}\text{O}$  apa grea ( $^2\text{H}_2^{16}\text{O}$  sau  $\text{D}_2\text{O}$ ) și respectiv apa supergrea ( $^3\text{H}_2^{16}\text{O}$  sau  $\text{T}_2\text{O}$ ).

Apa grea, care conține deuteriu ( $\text{D}_2\text{O}$ ), se formează în natură în cantități extrem de mici (150 părți per milion), raportată la apa obișnuită ( $\text{H}_2\text{O}$ ). Se găsește în zonele abisale ale oceanelor, intrând în alcătuirea mediului intern al organismelor abisale, având rol de reglare al metabolismului acestora în condiții de presiune hidrostatică foarte mare și temperaturi scăzute. Proprietățile apei grele sunt diferite de cele ale apei obișnuite, având punctul de fierbere la peste  $100^\circ\text{C}$  ( $101,4^\circ\text{C}$ ), cel de îngheț sub  $0^\circ\text{C}$  ( $-3,8^\circ\text{C}$ ) și densitatea maximă ( $1,2 \text{ g/cm}^3$ ) la  $11,6^\circ\text{C}$ . Poate fi obținută în laborator prin hidroliză și distilare.

Apa supergrea care are în compoziție tritium ( $\text{T}_2\text{O}$ ) diferă și mai mult de apa obișnuită: punctul de fierbere este de  $104^\circ\text{C}$ , cel de îngheț sub  $-5^\circ\text{C}$ , densitatea maximă ( $1,33 \text{ g/cm}^3$ ) la  $13^\circ\text{C}$  și punctul de topire al gheții la  $9^\circ\text{C}$ . Se apreciază că apa supergrea nu depășește 20 kg la scară planetară, formându-se în condiții speciale în straturile superficiale ale atmosferei, fiind prezentă în apa de ploaie. Poate fi obținută în laborator, fiind utilizată în reacțiile termonucleare sau ca izotop de marcaj în cercetări de biologie și chimie.



În natură se găsește și apă semigrea (HDO) în cantități foarte mici în apa de ploaie. Apa semigrea se poate transforma în apă grea și invers.

Apa din ecosistemele acvatice naturale conține în proporția cea mai mare  $\text{H}_2\text{O}$  și cantități mici sau foarte mici din cele prezentate anterior, în special apă grea ( $\text{D}_2\text{O}$ ) și supergrea ( $\text{T}_2\text{O}$ ). În laborator se obține așa-numita apă ușoară, sau cea săracită în deuteriu, în care cantitatea acestui izotop scade sub 145 părți per milion în condițiile în care în apa precipitațiilor atinge până la 150 părți per milion. Efectele apei săracite în deuteriu constau conform testelor de laborator în inhibarea dezvoltării tumorilor, creșterea reactivității vasculare, stimularea imunității și acțiunea radioprotectoare, crescând rezistența la dozele subletale și letale de radiații gamma (Hăulică și colab., 1997). Utilizată în proporție de 1/1 cu apă săracită în deuteriu și apă distilată, ca mediu de diluție pentru soluții fecundante, în procesul reproducerii artificiale a păstrăvului curcubeu, determină o mărire semnificativă a supraviețuirii organismelor în dezvoltarea lor embrionară (Pricope și colab., 1998).

## 2. Proprietățile apei

### 2.1. Proprietăți organoleptice

Conform standardelor referitoare la calitatea apei, o apă curată trebuie să fie lipsită de miros (inodoră) și de gust (insipidă). În ecosistemele acvatice naturale datorită substanțelor chimice (minerale și organice) dizolvate cât și a particulelor aflate în suspensie de natură organică (a resturilor de organisme sau a organismelor vii) și de natură anorganică, sunt frecvente cazurile în care apa prezintă miros și gust specific.

#### Mirosul

Factorii care determină și imprimă un anumit miros apei pot fi substanțe anorganice și/sau organice de origine autohtonă sau alohtonă, inclusiv unii metaboliți ai organismelor acvatice, cu proprietăți analoage uleiurilor eterice. Se cunosc bine „înfloririle” cauzate de proliferarea unor specii de alge care imprimă apelor mirosuri specifice. Astfel, unele specii de *Anabaena* (Cyanoprokariota) dau apei miros de iarbă proaspăt cosită și mucegai iar *Asterionella formosa* (Bacillariophyta) imprimă apei mirosuri aromatice la densități mici sau miros de pește în cazul unor dezvoltări masive. În râurile din zona de deal sau munte se dezvoltă primăvara și toamna *Hydrurus foetidus* (Chrysophyta), care dă apei miros de pește, iar *Synura uvella* (Synurophyceae) la densități foarte mari conferă apei miros de castraveți.

O situație aparte poate să apară în cazul poluării apelor cu hidrocarburi sau reziduuri petrolifere și/sau cu alte substanțe aromatice dar și cu ape uzate industriale, agricole sau menajere, care conferă apelor mirosuri specifice puternice.

Determinarea mirosului apei se poate face atât *in situ* (în teren) cât și în laboratoare sau încăperi lipsite de mirosuri particulare care pot masca mirosul probelor ce urmează a fi evaluate.

Metodele utilizate pentru determinarea mirosului apei sunt atât calitative, prin compararea mirosului unei anumite probe de apă cu unul cunoscut, cât și cantitative, care evaluează intensitatea mirosului pe o scară cu 6 trepte (tabel 2.1.), de la gradul 0 în cazul apei fără miros la gradul 5 în cazul celei cu miros foarte puternic. Există o serie de simbouri utilizate pentru codificarea mirosurilor: A – aromatic; B – balsamic; Cl – clorurat; Cm – medicamentos; H – hidrocarburi; F – fecaloid; M – mucegai; P – pământos etc.

Tabel 2.1. Exprimarea cantitativă a mirosului și a gustului apei (din Pricope, 2007)

Mirosul și gustul	Intensitatea	Gradul
Fără miros și gust	inodor, insipid	0
Perceptibil - numai de persoane experimentate	foarte slab	1
Perceptibil - de un consumator obișnuit	slab	2
Net perceptibil	perceptibil	3
Suficient de puternic pentru a face apa neplăcută	pronunțat	4
Puternic - încât nu se poate consuma	foarte puternic	5

#### Gustul

Având aceleași cauze ca și mirosul, gustul se evaluează prin metode calitative care presupun compararea gustului probei analizate cu un gust cunoscut sau prin metode cantitative, pe baza aceleași scări cu 6 trepte în funcție de intensitatea gustului probei analizate (tabel 2.1.).

Cele mai frecvente gusturi ale apei (Pricope, 2007) sunt:

- gustul sărat datorat concentrației mari de cloruri;
- gustul sălcu datorat concentrației mari de calciu;
- gustul amar datorat concentrației mari de magneziu;
- gustul metalic datorat concentrației mari de fier;
- gustul medicamentos datorat concentrației mari de clor și fenol;
- gustul de pământ care este imprimat de cantități mari de actinomicete din apă.

## 2.2. Proprietăți fizice

### Capacitatea calorică

Capacitatea calorică specifică a apei este mai mare decât a tuturor lichidelor cunoscute, cu excepția amoniacului, fiind de 2 ori mai mare decât a alcoolului ( $0,5 \text{ cal/g/}^{\circ}\text{C}$ ) și de 10 ori mai mare decât a fierului ( $0,1 \text{ cal/g/}^{\circ}\text{C}$ ), avînd valoarea de  $1 \text{ cal/g/}^{\circ}\text{C}$ . Acest lucru înseamnă că este nevoie de cantități foarte mari de energie pentru a ridica temperatura apei, aceasta cedînd cantități mari cînd se răcește. Altfel spus, apa acumulează cantități mari de căldură, deci are o conductibilitate termică scăzută, este rea conducătoare de căldură, cedînd căldura acumulată foarte încet, treptat. Astfel, mediul acvatic este lipsit de variații sau fluctuații bruște de temperatură, este mai stabil și mai blînd comparativ cu cel terestru, neexistînd valori extreme foarte mari în aceleași ecosisteme acvatice. Acest lucru explică diferențele mult mai mici dintre temperaturile maxime și minime diurne sau sezoniere comparativ cu cele ale habitatelor terestre. Din această cauză influențează și climatul zonelor de uscat învecinate, influența fiind mai evidentă sau mai puțin evidentă în funcție de volumul de apă al ecosistemelor acvatice. Exemplul tipic prezentat este Curentul Cald al Golfului (*Gulf Stream*) care influențează clima uscatului atît pe coasta de est a Americii cît și pe cea a Europei de vest. Este elocvent și următorul exemplu: prin scăderea temperaturii unui litru de apă cu  $1^{\circ}\text{C}$  se eliberează o cantitate de căldură suficientă să ridice temperatura a 3.000 litri de aer cu  $1^{\circ}\text{C}$ . Capacitatea apei de a acumula căldura treptat și de a o pierde în același mod determină modificările semnificative la încălzirea și respectiv răcirea acesteia, așa cum s-a prezentat.

**Căldura latentă de vaporizare** sau cantitatea de energie calorică necesară pentru transformarea apei în vapori este de  $539 \text{ cal/g}$ , temperatura la care începe procesul de evaporare al apei situîndu-se în intervalul  $50 - 60^{\circ}\text{C}$ , în funcție de cantitatea de săruri din apă. În cazul sublimării gheții (trecerea din fază solidă în fază gazoasă) se consumă o cantitate și mai mare de energie,  $679 \text{ cal/g}$ .

**Căldura latentă de topire a gheții** este de  $79,4 \text{ cal/g}$ , temperatura de topire situîndu-se peste  $0^{\circ}\text{C}$ . O cantitate identică de energie calorică se degajă la transformarea apei în gheață, căldura degajată prin trecerea unui litru de apă în fază solidă (gheață) poate ridica cu  $1^{\circ}\text{C}$  temperatura a 250.000 L aer (Pricope, 2007).

Temperatura de solidificare a apei ( $0^{\circ}\text{C}$ ) este foarte ridicată comparativ cu a altor compuși (acidul carbonic se solidifică la  $-57^{\circ}\text{C}$ , amoniacul lichid la  $-75^{\circ}\text{C}$  iar metanul la  $-185^{\circ}\text{C}$ ). Semnificația biologică a acestui lucru este aceea că unele procese biologice (biochimice) se pot desfășura în jurul temperaturii de  $0^{\circ}\text{C}$ , nefiind posibile la temperaturi mai scăzute.

Mărirea volumului apei în stare solidă cu 9% prin extensia și rearanjarea moleculelor în rețele cristaline în interiorul gheții este un comportament diferit de al majorității compușilor chimici, care se comprimă la înghețare, atingînd densități maxime.

Doar bismutul și argintul au un comportament asemănător cu al apei în momentul solidificării. Gheața are o structură mai laxă, mai afînată datorită extensiei în spațiu a cristalelor, care prind aer în interiorul lor și în zonele marginale, astfel că gheața în ansamblu plutește la suprafața apei. Avînd o conductibilitate termică scăzută, gheața se comportă ca un izolator termic permițînd și favorizînd supraviețuirea organismelor acvatice de sub stratul de gheață.

### Densitatea

Densitatea unei substanțe este dată de raportul dintre masă și volum ( $\text{g/cm}^3$  sau  $\text{g/mL}$ ). Și în acest caz apa înregistrează un comportament deosebit, valorile densității modificîndu-se în primul rînd, în funcție de temperatură. Valoarea maximă a densității apei este de  $1 \text{ g/cm}^3$  la temperatura de  $4^{\circ}\text{C}$ , cînd există dispoziția cea mai strînsă a moleculelor de apă în cadrul acelor agregate sau asociații liniare menționate. Orice creștere sau scădere a temperaturii peste sau sub  $4^{\circ}\text{C}$  determină scăderea densității apei (fig. 2.1.). În primul caz creșterea temperaturii determină creșterea agitației moleculare pînă la ruperea legăturilor și evaporarea apei. În cel de-al doilea caz, scăderea temperaturii determină micșorarea agitației moleculare și rearanjarea moleculelor în structura cristalină cu extensie în spațiu, cu mărirea volumului și cu scăderea cu 9% a greutatei. Densitatea

apei determină greutatea specifică a apei (forța cu care sunt împinse în sus corpurile scufundate în apă).

Densitatea apei (ca și greutatea specifică a acesteia) este mult mai mare decât a aerului (de aproximativ 775 ori la 0°C și 760 mm coloană de mercur), ceea ce avantajează organismele acvatice, care consumă mult mai puțină energie pentru menținerea poziției în apă și coordonarea mișcărilor comparativ cu cele care se mișcă în aer.

Pe lângă temperatură, densitatea apei este influențată și de salinitate (tabel 2.2.), presiune și cantitatea de particule în suspensie aflate în apă. Apele dulci au densități în general mai scăzute comparativ cu cele ale mărilor sau oceanelor. Excepție fac lacurile cu apă sărată, în special cele hiperhaline sau supersărate (60 g/L).

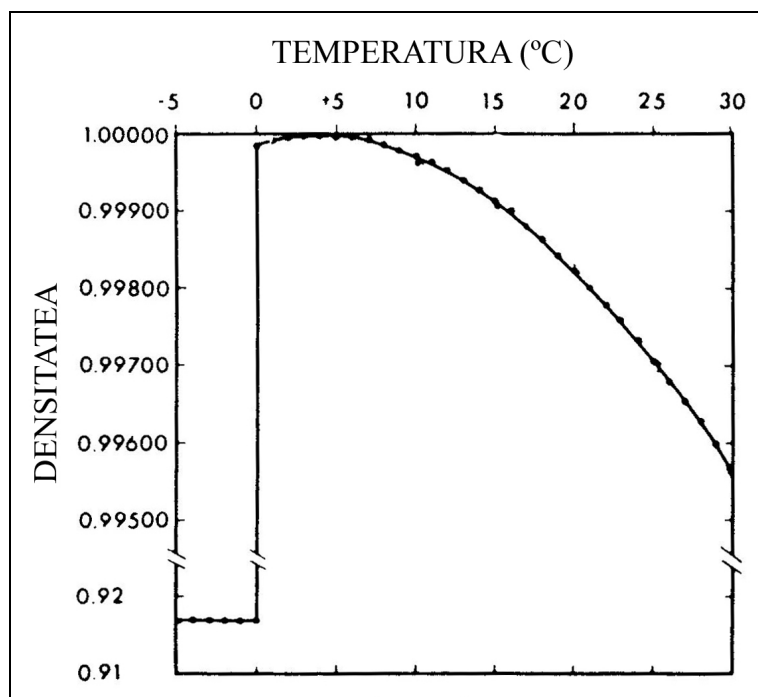


Fig. 2.1. Relația dintre densitate și temperatură (densitatea este exprimată în g/mL)  
(din Wetzel, 1983)

Tabel 2.2. Schimbări aproximative ale densității apei în funcție de conținutul în săruri  
(după Ruttner, 1963)

SALINITATE (‰)	DENSITATE (g/mL) (la 4°C)
0	1,00000
1	1,00085
2	1,00169
3	1,00251
10	1,00818
35 (valoare medie pentru apa de mare)	1,02822

### Vîscozitatea

Vîscozitatea este forța de frecare internă între două mase de fluid care se deplasează. Prin urmare este o proprietate specifică fluidelor (lichide și gaze) și se referă la capacitatea de a opune rezistență atunci cînd două pături adiacente de fluid se mișcă una față de cealaltă. Vîscozitatea sau rezistența care ia naștere la mișcarea celor două pături de apă este proporțională cu suprafața lor și cu viteza de mișcare în lungul axei perpendiculare pe direcția de deplasare. Unitatea de măsură este poazul (pz).



Apa are o vîscozitate relativ scăzută comparativ cu alte lichide, ceea ce favorizează și ușurează deplasarea organismelor acvatice, care prin frecare cu masele de apă consumă o anumită energie.

Vîscozitatea apei scade odată cu creșterea temperaturii și crește ușor odată cu creșterea salinității. Scăderea temperaturii determină creșterea vîscozității, astfel că vîscozitatea apei este dublă la 0°C față de 25°C.

Atît mișcarea cît și rata de scufundare și distribuția pasivă a organismelor acvatice sunt influențate de relația temperatură – densitate – vîscozitate. Organismele care se mișcă activ în masa apei cu ajutorul unor organe specializate (cili, flageli, înotătoare etc.) consumă mai multă energie decît cele planctonice care plutesc în masa apei.

### **Presiunea hidrostatică**

Presiunea hidrostatică determină o serie de adaptări ale organismelor acvatice care trăiesc la adîncimi mari. Este definită ca fiind forța pe care o exercită greutatea coloanei de apă asupra organismelor acvatice. Factorii care influențează presiunea hidrostatică sunt: înălțimea coloanei de apă și densitatea acesteia. Se măsoară în atmosfere, bari sau dine. În apele dulci presiunea hidrostatică crește la temperatura de 4°C cu o atmosferă la fiecare 10,33 m iar în cele marine cu o atmosferă la 9,98 m. Presiunea hidrostatică asociată și cu temperaturi foarte scăzute este un factor care influențează viața organismelor care trăiesc în zona profundă a marilor lacuri sau în cea abisală a mărilor și oceanelor. Adaptările organismelor care trăiesc la adîncimi mari sunt în primul rînd fiziologice și țin de viteza reacțiilor metabolice care ar trebui să crească odată cu creșterea presiunii hidrostatice. Lucrurile stau exact invers, datorită în primul rînd apei grele care intră în structura mediului lor intern, determinînd încetinirea proceselor lor metabolice.

În Oceanul Pacific s-au descoperit biocenoze complex structurate, în jurul venturilor marine la adîncimi de peste 2.000 m. Acestea se formează în jurul bacteriilor barofile chemosintetizante care sunt producătorii primari, lanțul trofic avînd foraminifere, crustacee, viermi, bivalve, anemone de mare, echinoderme etc. S-au descoperit organisme care trăiesc la adîncimi mult mai mari, de peste 10.000 m în Groapa Filipinelor, la o presiune hidrostatică de 1 t/cm<sup>2</sup>. Alte adaptări țin de procesele de reglare a flotabilității, așa cum se cunoaște la peștii marini teleosteeni care au o glandă legată de vezica înotătoare care secretă un amestec de gaze (azot, dioxid de carbon, metan, oxigen etc.). Alte specii de pești bentonici trăiesc la nivelul substratului, pe care-l părăsesc foarte rar, fiind lipsiți de vezică înotătoare (gobiidele și pleuronectiformele). Organismele adaptate la anumite presiuni hidrostatice, nesuportînd modificări ale acesteia, fac parte din grupul stenobatelor. Acestea se dezvoltă fie în ape mai puțin adînci fie în zona litorală a mărilor și oceanelor (gastropode: *Littorina* sau bivalve din genul *Mydia*), fie în zonele abisale (gastropode: *Turris* sau specii de pești teleosteeni etc.). Formele euribate sunt adaptate să suporte modificări mari de presiune hidrostatică (de exemplu unele specii de stele de mare, crustacee, echinoderme inclusiv holoturii (castraveți-de-mare) care trăiesc în zona litorală, sublitorală sau chiar în masa apei mărilor și oceanelor, la diferite adîncimi, uneori depășind 2.000 m, unele chiar 9.000 m). Unele specii nectonice euribate prezintă migrații nictemerale, pe verticală, de sute de metri, mai cunoscute fiind cele ale unor cefalopode din genul *Sepia* (Nicoară și Ureche, 2008).

### **Tensiunea superficială (de suprafață)**

Este o forță care se formează la interfața apă-aer, în condițiile în care în interiorul fazei lichide atracția dintre moleculele de apă este echilibrată, în timp ce la interfața apă-aer este complet dezechilibrată, exercitînd o aderență dinspre aer spre faza lichidă. Datorită acestui fenomen, pelicula fină de la suprafața apei se comportă ca o membrană elastică, moleculele de apă care o compun fiind unite prin forța tensiunii superficiale. Același fenomen este cauza pentru care o picătură de apă așezată pe o suprafață orizontală tinde să devină sferică. Forța tensiunii superficiale a apei este deosebit de mare, mai mare decît la orice alt lichid. Pelicula formată poate fi ruptă doar prin aplicarea unor forțe mult mai mari. Tensiunea superficială se măsoară în dine/cm<sup>2</sup>. Factorii care influențează tensiunea superficială sunt temperatura și cantitatea de substanțe organice sau minerale

existente în apă. Cu cât temperatura crește, cu atât scade tensiunea superficială a apei. Dintre substanțele chimice, cele organice dizolvate în apă reduc mult tensiunea superficială a apei. Acestea pot fi autohtone, rezultând atât din metabolismul organismelor acvatice și din procesele de senescență cât și alohtone, antrenate din bazinul de drenaj, semnificative fiind procesele de poluare a apelor cu materie organică.

Această peliculă de la suprafața apei la interfața apă-aer constituie habitate pentru comunitățile neustonice (epi- și hiponeuston).

### **Mișcările apei**

Factorii care determină mișcările apei în cele trei stări de agregare au fost prezentați la descrierea ciclului hidrologic al apei în natură. Un alt mod de abordare al mișcării apei în ecosistemele acvatice este hidrodinamismul care se referă la cele două tipuri principale de ecosisteme acvatice în funcție de cinetica apei: ape curgătoare (mediul lotic) și ape stătătoare (mediul lentic). În cazul apelor curgătoare morfologia bazinului (relieful) și forța gravitațională au rol hotărâtor în mișcarea apei. Nici apele stătătoare nu sunt lipsite de mișcări, acestea fiind datorate vântului, diferențelor de temperatură, acțiunii diferențiate a presiunii atmosferice sau forței de atracție a lunii (mareele). Mișcările apelor stătătoare pot fi pe orizontală (valuri, curenți) și pe verticală (curenți ascendenți și descendenți).

Viteza mișcărilor este foarte diferită, de la câteva sutimi de milimetri/secundă în cazul curenților de adâncime, până la 6 m/s în cazul torenților. Curentul Cald al Golfului (*Gulf Stream*) are o viteză de 2,8 m/s iar Dunărea o viteză medie de 2 m/s.

Mișcarea apei din râuri, cea mai evidentă formă de mișcare permanentă a apei, este un fenomen complex, cu valori minime și maxime diferite de la un râu la altul, sau în cadrul aceluiași râu, în funcție de cursul superior, mijlociu sau inferior, sau diferit în zona malurilor față de zona mediană. În plus, depinde și de perioadele de echilibru sau non-echilibru (viitură) în care se află râul sau fluviul.

Semnificația ecologică a mișcărilor apei rezultă din acțiunea directă și cea indirectă asupra organismelor acvatice. Acțiunea directă a mișcărilor apei are drept urmare transportul și răspândirea organismelor acvatice, forme adulte, pontă, stadii larvare, forme de rezistență, polenul plantelor acvatice etc. Acțiunea indirectă se manifestă prin transportul nutrienților și gazelor dizolvate în apă ( $O_2$  și  $CO_2$ ), mișcările apei asigurând omogenizarea apei din punct de vedere termic, gazos și salin, contribuind și la îndepărtarea metaboliților. Mișcările apei contribuie la formarea sedimentelor (eroziune), transportul și depunerea acestora.

În oceanul planetar, fenomenul de circulație ascendentă (*upwelling*) din oceane are drept cauză mișcările pe orizontală de suprafață și cele verticale de adâncime ale apei, care mobilizează cantități uriașe de nutrienți din zonele profunde. Acest lucru determină dezvoltarea în masă a fitoplanctonului și a celorlalte organisme din lanțul trofic, aceste zone fiind între cele mai productive de pe Terra. Fenomenul se manifestă și la nivelul unora dintre marile lacuri, determinând dezvoltarea comunităților acvatice.

Mareele constituie unele dintre cele mai evidente forme de mișcare a apei mărilor și oceanelor, având drept cauză forța de atracție a lunii. Organismele acvatice care trăiesc în zona de influență a acestora prezintă o serie de adaptări remarcabile necesare supraviețuirii pe perioada refluxului. Acestea vizează în primul rând respirația, unele dintre acestea putând rezista expunerii la aer chiar dacă au respirație branhială (crabul *Birgus latro*). Speciile de moluște bivalve își închid valvele în perioada de reflux pentru păstrarea umidității și evitarea dezhidratării excesive. Altele, cum sunt unele specii de pești care trăiesc în zona de mangrove (*Periophthalmus*) prezintă și o respirație cutanată la nivelul unor zone puternic vascularizate de la nivelul intestinului. Mai mult, au o serie de modificări ale înotătoarelor care facilitează posibilitatea de a se tîrî pe tulpinile și rădăcinile copacilor din zonele de mangrove.

Sunt cunoscute unele specii de decapode care trăiesc în zona de influență a mareelor care efectuează deplasări prelungite în afara apei, respirația efectuându-se pe seama apei păstrate care acoperă spațiul branhial în acest interval. Unele dintre animalele acvatice ale acestei zone au

adaptări care le permit chiar hrănirea pe uscat, după care revin în apă, cum sunt unele specii de gastropode și viermi marini.

### **Temperatura apei**

Este unul dintre factorii abiotici esențiali pentru dezvoltarea comunităților de organisme acvatice; pentru fotoautotrofe este unul dintre factorii limitativi ai dezvoltării lor.

Acțiunea directă a temperaturii determină ciclurile de viață, metabolismul, reproducerea, distribuția și repartitia organismelor în oceanul planetar, temperatura fiind unul dintre factorii biogeografici fundamentali.

Acțiunea indirectă a temperaturii se manifestă prin modificarea proprietăților fizico-chimice ale apei. Cele mai evidente sunt: modificarea densității și vîscozității, a tensiunii superficiale a apei dar și a cantității de oxigen dizolvat și a cantității de nutrienți prin procesele de oxido-reducere care sunt condiționate de temperatură.

Principala sursă de căldură este radiația solară, energia calorică geotermală influențînd la rîndu-i unele dintre comunitățile de organisme acvatice (izvoare termale de pe uscat sau cele de pe fundul mărilor și oceanelor).

Cantitatea de căldură primită de bazinele acvatice este diferită, în funcție de așezarea lor geografică, pe latitudine și altitudine, care determină un anumit tip de climă, ca și de adîncimea acestora. În sens foarte larg, principalele tipuri de bazine acvatice conform zonării lor geografice sunt:

- bazinele acvatice tropicale situate în zona tropicală și subtropicală, avînd ca principală caracteristică temperaturile care nu scad sub 4°C;
- bazinele acvatice polare, unde temperatura apei nu crește niciodată peste 4°C;
- bazinele acvatice din zona temperată unde temperatura apei înregistrează variații mari, vara atingînd valori mult superioare celei de 4°C (depășind 25°C), iarna cu valori negative, sub 0°C, determinînd formarea podului de gheață.

Bazine acvatice răspîndite azonal la nivelul uscatului sunt izvoarele termale, gheizerele cu temperaturi care ating punctul de fierbere (100°C), sursa de căldură fiind cea geotermală. Tot în această categorie, a bazinelor azonale, intră ghețarii și lacurile glaciare din munții înalți.

Limitele între care variază temperatura în ecosistemele acvatice continentale sunt diferite față de cele din mări și oceane, datorită factorilor menționați anterior. În sens foarte larg, luînd în considerare și gheizerele și izvoarele termale (termominerale), intervalul de variație al temperaturii se întinde între valori de 2 - 4°C sub strat de gheață pînă la peste 100°C în gheizere. Valori superioare se întîlnesc la izvoarele termominerale de pe fundul oceanelor (venturi marine) cu temperaturi ce pot depăși 300°C (sursa de căldură este cea geotermală).

Temperatura înregistrează variații circadiene și sezoniere, cantitatea de căldură fiind influențată de unghiul de incidență al razelor solare dar și de cantitatea de suspensii și organisme acvatice. Tipul de bazin acvatic, cu apă curgătoare sau stătătoare, poate influența regimul termic în funcție de sursa de alimentare cu apă și de mișcările maselor de apă. Semnificative sunt variațiile temperaturii pe verticală, în cazul apelor stătătoare, unde există o stratificare termică, care determină structura specifică în funcție de zonele climatice. Pe lîngă temperatură, un rol important în stratificarea termică îl are densitatea și greutatea specifică a apei, influențată de cantitatea de substanțe chimice din apă.

Răspunsul organismelor la modificările temperaturii apei este adaptarea lor, gradul de adaptare fiind diferit. Unele organisme s-au adaptat la variații foarte largi ale temperaturii apei pe un interval foarte întins de temperatură, încadrîndu-se în grupul euritermelor, altele dimpotrivă, au limite de toleranță foarte înguste, restrînse, încadrîndu-se în categoria stenotermelor. Fiecare specie are un anumit interval sau zonă de toleranță termică, cuprins între temperatura letală superioară și temperatura letală inferioară. În interiorul acestui interval se află temperatura optimă, la care creșterea și dezvoltarea speciei este maximă. În mediul acvatic, mai ales animalele fac parte în număr mare din grupul stenotermelor. În funcție de intervalul termic în interiorul căruia sunt adaptate, speciile stenoterme pot fi fie stenoterme termofile sau megaterme, cu adaptări pentru

temperaturi mai ridicate, fie microterme, (stenoterme oligoterme, stenoterme criofile), adaptate la temperaturi scăzute.

Între stenotermele termofile există și specii adaptate la temperaturi foarte ridicate, cum sunt cianobacteriile din izvoarele termale din Islanda, cu temperaturi de peste 50°C până la 80 - 90°C. La peste 90°C în astfel de izvoare termale trăiesc doar bacterii. În venturile marine, izvoarele termominerale cu temperaturi uneori de peste 100°C de pe fundul oceanelor s-au descoperit bacterii anaerobe care trăiesc doar la temperaturi de peste 90°C, unele cu optimum de dezvoltare la 105°C sau 113°C. Acestea fac parte din grupul extremofilelor ca și cele care au optimumul de dezvoltare la temperaturi foarte scăzute pe suprafața zăpezilor și ghețarilor, formînd așa-numitele criobiocenoze.

În cazul speciilor stenoterme, creșterea este continuă datorită stabilității regimului termic, pe cînd cele euriterme supuse unor variații sezoniere au o creștere discontinuă, lucru care se reflectă de exemplu în depunerea neomogenă a calciului în solzi, oase sau cochilii.

Speciile euriterme au creștere diferită în ape cu temperaturi diferite: aceeași specie care crește în ape reci va avea indivizi de talie mai mare decît cei care cresc în ape mai calde (Pora și Oros, 1974). În conformitate cu regula lui Bergmann, multe dintre speciile abisale care trăiesc la temperaturi scăzute au o talie mai mare decît speciile înrudite care cresc în ape calde de la suprafață.

Animalele se comportă diferit în ceea ce privește temperatura apei în care trăiesc. Cele homeoterme (endoterme) au temperatura corpului constantă, lucru care se realizează cu consum de energie, cele poikiloterme (ectoterme) au temperaturi variabile în funcție de cea a mediului de viață.

Adaptările organismelor față de modificarea temperaturii apei în care trăiesc vizează atît procese comportamentale cît și unele fiziologice, metabolice. Este cunoscut faptul că temperatura este unul dintre factorii care determină migrațiile animalelor în scop trofic, de reproducere, de hibernare sau de protecție. Referitor la adaptările fiziologice menționăm că deși la temperaturi mai mari de 60°C începe coagularea proteinelor, așa cum am arătat mai sus există cianobacterii sau bacterii care trăiesc la temperaturi mai mari de 90°C, chiar la 113°C în izvoare minerale sau venturi marine, datorită unor enzime active rezistă și la aceste temperaturi extreme.

Temperaturile scăzute, sub 0°C, cînd apa se transformă în cristale de gheață, nu sunt compatibile cu viața. Există însă multe specii dintre poikiloterme care pot sintetiza substanțe care scad foarte mult punctul de îngheț, substanțe din grupul alcoolilor sau a unor esteri ai acizilor grași, care se comportă ca antigetul. Multe specii acvatice traversează anotimpul rece, trecînd la viața latentă, fie sub forme de rezistență (alge, protozoare), fie îngropîndu-se în substrat (gastropode, batracieni).

## **Lumina**

Este unul dintre factorii abiotici cu rol deosebit de mare în primul rînd pentru producătorii primari, atît pentru fotoautotrofe cît și pentru fotoheterotrofe. Lumina soarelui este sursa de energie pentru ambele grupe în procesul de fotosinteză (rol energetic), sursa de carbon fiind CO<sub>2</sub> pentru primul grup (plante, alge, cianobacterii, bacteriile verzi și purpurii sulfuroase) și substanțe organice pentru cel de-al doilea grup (bacterii verzi și purpurii nesulfuroase). Există și o altă sursă de energie pentru producătorii primari din mediul acvatic, în special pentru mări și oceane, în procesul de chemosinteză (chemotrofia). Energia utilizată de bacteriile oxido-reducătoare adaptate acestui proces rezultă din desfacerea combinațiilor chimice cu azot, cu sulf etc.

Pentru animale lumina determină bioritmurile circadiene și sezoniere (excepție fac organismele din apele subterane), condiționînd prin prezență sau absență și prin intensitate răspîndirea acestora. Lumina are și rol semnalizator și de condiționare, determinînd dezvoltarea gonadelor și declanșarea reproducerii (cladocere) sau sinteza unor vitamine. Împreună cu alți factori (temperatură, pH), lumina determină reacțiile fototactice.

Lumina are și rol informațional, determinînd dezvoltarea ochiului ca organ de simț complex structurat pentru animale.

Sursa principală de lumină, ca și de căldură pentru mediul acvatic este lumina solară, existînd și o sursă de lumină rece, și anume procesul de bioluminescență.

Trecerea din atmosferă în apă a razelor luminoase se face conform legilor fizicii:

**1. Legea reflexiei:** o parte din lumina care ajunge la suprafața apei este reflectată înapoi în atmosferă. Cantitatea de lumină absorbită de apă, respectiv cea reflectată, depinde în primul rând de unghiul de incidență (unghiul pe care-l face raza luminoasă cu suprafața apei). Cu cât unghiul de incidență este mai mic, cu atât cantitatea de lumină reflectată este mai mare și cea care este absorbită de apă este mai mică (fig. 2.2.). Prin urmare, de la ecuator, unde razele cad perpendicular pe suprafața apei, spre cei doi poli, pe măsură ce unghiul de incidență scade, cantitatea de lumină absorbită de apă va fi tot mai mică.

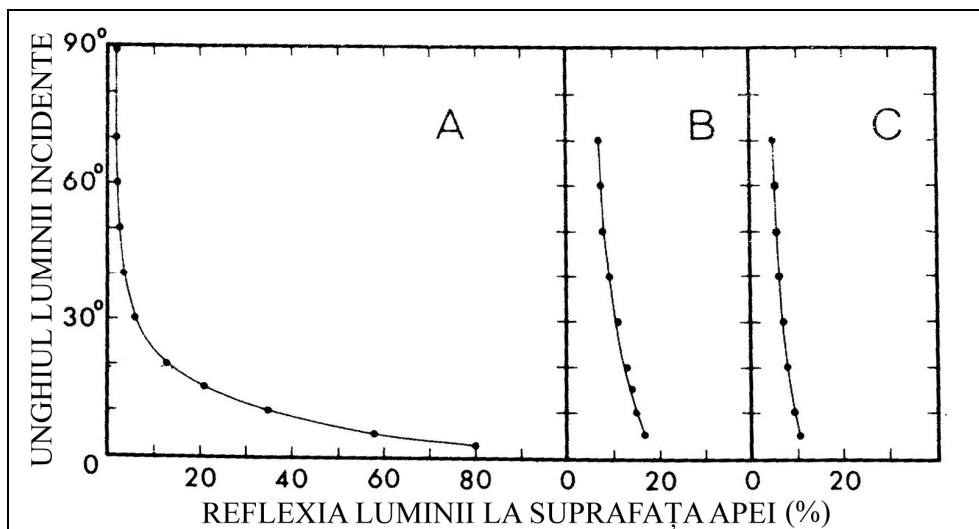


Fig. 2.2. Reflexia luminii la suprafața apei ca procent din radiația solară totală la unghiuri diferite de incidență (A – condiții clare, fără nori; B – reflexia luminii difuze sub acoperire moderată de nori; C – condiții de nebulozitate ridicată) (după Wetzel, 2001)

**2. Legea refracției:** radiațiile luminoase care pătrund în apă își modifică traiectoria, fiind deviate în urma fenomenului de refracție, apropiindu-se de normală (perpendiculara trasată).

**3. Legea difuziei:** după pătrunderea luminii în apă, absorbția acesteia este diferențiată în funcție de transparența apei, culoare și cantitatea de suspensii din apă (în special organismele microscopice – algele). Din spectrul vizibil (ROGVAIV), primele raze absorbite în straturile superficiale ale apei sunt cele roșii, oranj și galbene, dar și razele ultraviolete care ajung la suprafața apei. Razele verzi, albastre și violet pătrund în zonele mai profunde fiind împrăștiate sau supuse difuziei de particulele aflate în suspensie în apă. În apa mărilor și oceanelor cu transparență mare, razele roșii, portocalii și galbene sunt puternic absorbite până la 10 m adâncime. În zonele de profunzime, de până la 25-60 m, ajung doar cele verzi și albastre. În apele dulci continentale, în funcție de transparența și culoarea lor, razele roșii, portocalii și galbene pot fi absorbite puternic în primii câțiva centimetri sau zeci de centimetri de la suprafață în apele poluate, cu cantități mari de particule în suspensie, sau pot ajunge la zeci de metri în cele foarte curate cum sunt lacurile glaciare. Datorită acestui proces, apele curate au culoarea albastră sau albastră-verzuie iar cele poluate au culoarea gălbuie, gălbui-portocalie sau maronie, deoarece fenomenele optice se desfășoară diferit.

Principalii factori care influențează aceste fenomene optice de reflexie, absorbție și difuzie a luminii în apă sunt: nebulozitatea atmosferică, starea suprafeței apei, prezența sau absența stratului de gheață, transparența, culoarea apei, lungimea de undă a radiației luminoase. O suprafață vălurită de vânt va absorbi o cantitate mai mică de lumină decât una netedă, la același unghi de incidență, cantitatea de lumină reflectată crescând cu gradul de vălurire al apei. De exemplu, la un unghi de incidență de 35°, o suprafață netedă reflectă 5% din radiația solară, una ușor vălurită de vânt 17% și una puternic vălurită 30%.

Prezența stratului de gheață și transparența acesteia, respectiv prezența unui strat de zăpadă peste gheață influențează procesul de reflexie. Culoarea albă a zăpezii ca și gheața poroasă, puțin

transparentă, reflectă cantități mari de lumină comparativ cu un strat de gheață transparentă. În Antarctica s-au observat procese intense de fotosinteză susținute de comunitățile de diatomee care se dezvoltă în unele lacuri sub un strat de gheață de 3 - 4 m.

Distribuția luminii pe verticală în apele stătătoare determină o anumită structură (vezi capitolul 4).

În comparație cu mediul terestru, în ecosistemele acvatice cantitatea de lumină este mai redusă, intensitatea luminoasă scade de la suprafață spre adâncime în funcție de fenomenele optice la care se supune lumina și de ceilalți factori menționați.

Rata de absorbție a luminii se numește extincție, intensitatea luminoasă se măsoară cu luxmetrul, unitatea de măsură fiind lux-ul.

Lumina din spectrul vizibil pătrunde în apă conform fenomenelor optice prezentate; iar cantitatea de lumină se calculează după formula:  $I_z = I_o e^{-kz}$ , unde:  $k$  = coeficient de absorbție sau extincție a luminii;  $I_z$  = intensitatea luminii la adâncimea  $z$  și  $I_o$  = intensitatea luminii la suprafața apei.

Coeficientul de absorbție sau extincție ( $k$ ) este definit ca fiind raportul între cantitatea de lumină absorbită și reținută de o pătură de apă cu grosimea de 1 m și întreaga cantitate de lumină ce a pătruns în apă (Hutchinson, 1957). Valoarea acestui coeficient depinde de lungimea de undă a radiației luminoase, de transparența și culoarea apei și de cantitatea de suspensii din apă.

### **Bioluminiscența**

Este un proces care are la bază reacții biochimice care se desfășoară în corpul unor organisme vii, în prezența oxigenului, cu producere de lumină rece (Papadopol, 1978). Cu unele excepții, acest proces este caracteristic organismelor marine care trăiesc la adâncimi mai mari de 250-300 m. Excepțiile sunt unele bacterii care trăiesc în ape continentale (*Vibrio neritoides* și *V. phosphorescens*) sau unele specii de gastropode din pârâiele Noii Zeelande (*Latia neritoides*). Substanța de bază implicată în procesul de bioluminiscență este de natură lipidică, fiind produsă fie în celule specializate (fotocite), fie de către glande sau organe specializate (organe fotofore), dispuse în locuri diferite la diversele grupe de animale (protozoare, celenterate, crustacee, moluște, cefalopode, viermi, pești etc. sau chiar alge), reacția de bază mediată enzimatic fiind un proces de oxidare a substanței de natură lipidică – luciferina, cu ajutorul luciferazei în prezența oxigenului, rezultând oxiluciferină și lumină divers colorată.

Din Marea Neagră se cunosc alge din grupul dinoflagelatelor (*Ceratium* și *Noctiluca*) capabile de bioluminiscență. Semnificația ecologică a acestei lumini reci emisă fie sub formă de sclipiri instantanee fie sub formă continuă se presupune a fi:

- luminarea zonei din jurul animalului, cu scop de apărare prin modificarea formei animalului sau crearea unui contur difuz;
- atragerea prăzii spre prădător;
- intimidarea prădătorilor;
- recunoașterea indivizilor de sexe diferite, favorizând comunicarea interspecifică și prin urmare reproducerea;
- facilitarea recunoașterii între indivizii speciilor gregare.

Gama de culori a luminii produse în urma procesului de bioluminiscență este deosebit de variată, de la nuanțe de portocaliu-roșu-roz, la cele de violet, verde sau albastru. După opinia unor cercetători se pare că fenomenele care produc lumină rece în ape pot fi cauzate și de radiațiile UV, atunci când există un grad mare de impurificare a apei cu substanțe organice (hidrați de carbon aminoacizi sau polipeptide).

### **Transparența**

Este un parametru cu importanță foarte mare pentru organismele acvatice, în primul rând pentru fotoautotrofe. Se definește ca fiind grosimea stratului de apă prin care se poate observa conturul unui obiect aflat sub apă. În cercetările hidrobiologice transparența se măsoară frecvent cu

ajutorul discului Secchi, existînd și posibilitatea utilizării fotometrelor sau al camerelor cu plăci fotometrice. Se măsoară în metri.

Factorii care influențează transparența apei sunt: unghiul de incidență care determină cantitatea de lumină absorbită de apă, cantitatea de substanțe dizolvate și cantitatea, tipul și dimensiunile particulelor aflate în suspensie în apă, adică turbiditatea. Valorile transparenței Secchi se modifică în apele stătătoare și în funcție de zona climatică și anotimp. Un exemplu de variație a transparenței Secchi în lacul Știucii este prezentat în tabelul 2.3.

Tabel 2.3. Variația transparenței Secchi (m) în Lacul Știucii în anii 2001-2002 (după Gudas, 2004)

An	2001												2002											
Transparența Secchi (m)	Luna												Luna											
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11			
0,5																								
1		+			+				+															
1,5				+								+		+										
2		+				+							+		+	+	+		+		+			
2,5							+			+										+				
3								+																
3,5			+														+							
4											+													

### Turbiditatea

Este o proprietate a apei care are la bază fenomenele optice de absorbție și difuzie a luminii în apă datorită particulelor de natură organică (vii sau moarte) și anorganică din apă, care se mențin în stare de plutire în masa apei. Suspensiile pot fi autohtone sau alohtone. Totalitatea suspensiilor minerale și organice din coloana de apă formează sestonul: abiosestonul – componenta minerală și biosestonul – partea organică alcătuită din organisme vii sau planctonul. La acestea se adaugă triptonul constituit din organisme moarte sau părți din acestea aflate în coloana de apă. Detritusul ca sursă de hrană pentru organismele detritivore, în special pentru cele care posedă aparate filtratoare, are în componență suspensii minerale și organice reprezentate de organismele moarte și resturile acestora, ca și substanțe organice dizolvate, toate de origine autohtonă sau alohtonă, care se sedimentează. În cadrul cercetărilor din ultimii ani se utilizează foarte puțin noțiunile prezentate, preferîndu-se noțiunile primare (suspensii de natură minerală și organică etc.). În cazul celor organice se folosesc noțiunile de materie organică dizolvată - MOD (*dissolved organic matter - DOM*); materie organică sub formă de particule - MOP (*particulate organic matter - POM*). Materia organică sub formă de particule are două subdiviziuni: materie organică cu particule mari sau groșiere - MOPG (*coarse particulate organic matter - CPOM*) și cu particule fine - MOPF (*fine particulate organic matter - FPOM*) (vezi subcapitolul 4.2.).

Turbiditatea influențează transparența apei, cu cît aceasta crește, transparența apei scade și prin urmare este influențat procesul de fotosinteză și producția primară a ecosistemelor acvatice. Efectul turbidității este diferențiat și asupra animalelor, cele microterme criofile, mai ales stadiile de ou și larve sunt mult mai sensibile decît cele termofile, care sunt mai rezistente la turbiditatea crescută a apei. În cazul apelor poluate cu ape menajere (fecaloid – menajere), agricole sau industriale, turbiditatea reduce eficiența tratamentelor cu ultraviolete utilizate pentru dezinfecție (Nicoară și Ureche, 2008).

Turbiditatea se măsoară în grade silice: un grad reprezentînd turbiditatea produsă de 1 mg de SiO<sub>2</sub> într-un litru de apă (sau de 1 g de caolin sau pămînt de infuzori/litru apă).

Cele mai afectate de creșterea turbidității sunt organismele cu aparate filtratoare și cele cu respirație branhială, creșterea turbidității determinînd colmatarea acestor aparate și moartea organismelor. Efect devastator are de exemplu rumegușul depozitat pe malul apelor sau chiar în apă

și cantitatea mare de suspensii anorganice rezultate în urma acțiunilor de drenări, construcții de poduri, minerit etc.

### **Culoarea**

Culoarea apei este în principal rezultatul interferenței fenomenelor optice de absorbție și difuzie a luminii cu particulele anorganice sau organice din apă și cu cantitatea de substanțe dizolvate în apă.

Culoarea reală a apei este determinată de tipul și cantitatea de substanțe dizolvate în apă. Culoarea Lacului Albastru de la Baia Sprie se datorește sărurilor de cupru dizolvate în apă. Culoarea aparentă depinde de particulele aflate în suspensie (MOP, MOPG, MOPF), de organismele planctonice, de complexe macromoleculare coloidale prezente în apă, precum și de culoarea unor elemente din substrat (stînci de granit, calcar etc.) sau de reflectarea vegetației de pe mal în apă. Lacul Verde de la Ocna Sibiului are această culoare datorită „înfloririlor” produse de alge verzi din grupul volvocalelor. Culoarea poate fi apreciată și determinată calitativ prin comparare cu apa distilată (incoloră) sau cantitativ prin compararea pe o scară colorimetrică alcătuită fie din plăcuțe de sticlă colorată sau din soluții colorate obținute din reactivi chimici (platino-cobalt), stabilindu-se gradul de culoare. Un grad reprezintă colorația produsă de o soluție care conține 1 mg de platino-cobalt sub formă de ioni clor-platinat la un litru de apă.

Așa cum s-a arătat la prezentarea luminii ca factor fizic, radiațiile albastre, verzi și violet pătrund la adîncimea cea mai mare în masa apei. Acest lucru determină culoarea albastră sau albastru-verzie a apelor naturale curate. Alte culori, gălbui, galben-portocaliu, brun-roșcat, brun închis spre negru denotă prezența în apă a unei cantități de particule în suspensie. Acestea pot fi de natură minerală sau organică, autohtone sau alohtone (bucăți sau particule de rocă, complexe humice sau argiloase macromoleculare, resturi sau organisme moarte). Aceste culori se întîlnesc în ape naturale precum lacuri sau râuri în zone cu substrat de turbă (oligo-, mezo- sau eutrofe), substrat argilos sau mobil de altă natură din care se antrenează particule în masa apei sau se antrenează din bazinul de drenaj. Prezența în cantitate mare a unor organisme, bacterii sau alge, imprimă apei culori foarte diferite. „Înfloririle” apelor cauzate de dezvoltarea masivă a unor specii de alge determină culoarea albastră-verzuie sau galben murdar în cazul cianobacteriilor din genurile *Aphanizomenon*, *Anabaena*, *Microcystis* sau *Oscillatoria*. Culoarele galben-auriu, galben-roșcat, pînă la maroniu, se datoresc proliferării unor specii de crizoficee (*Ochromonas*, *Chromulina*), diatomee din genurile *Asterionella*, *Fragilaria*, *Nitzschia* sau dinoficeelor din genurile *Peridinium* sau *Ceratium*. „Mareea roșie”, prezentă în zona de țarm a multor mări, are aceeași cauză, speciile implicate fiind specii de dinofite (*Goniaulax*, *Gloenodinium*) sau chiar specii de bacterii din familia *Athiorodaceae*. Speciile de crizofite din genul *Chrysochromulina* imprimă apei mărilor culoarea galben portocalie.

În apele stătătoare continentale culoarea roșie este determinată de înmulțirea excesivă a unor specii de cianobacterii (*Oscillatoria rubescens*), de alge verzi volvocale (*Haematococcus pluvialis*) sau de flagelate euglenoide (*Euglena sanguinea*). Foarte des se observă în lacuri și bălți culoarea verde, determinată de alte specii de alge verzi din genurile *Chlamydomonas*, *Chlorella*, *Dunaliella*, *Eudorina*, *Pandorina*, *Gonium* etc.

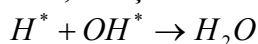
Culoarea apelor poate fi un indiciu și al producției lacurilor, al nivelului de troficitate, „înfloririle” algale producîndu-se frecvent în situațiile în care crește cantitatea de nutrienți, ce determină proliferarea algelor, în toate anotimpurile, chiar iarna sub strat de gheață (înflorirea cauzată de *Oscillatoria rubescens* în Lacul Izvorul Muntelui Bicăz (Căraș, 1969; 1970) sau cu *Prymnesium parvulum* în iazul de la Sîntejude – județul Cluj).

### **Radiația ionizantă (radioliza apei)**

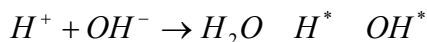
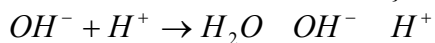
Radiațiile ionizante, adică cele care produc transformarea moleculei de apă în ioni, fie ioni stabili  $H^+$  și  $OH^-$ , fie radicali liberi  $H^*$  și  $OH^*$  (ioni instabili) sunt fotonii (componenti ai luminii). Energia fotonilor smulge electroni din atomii moleculelor de apă, transformînd-o în ioni, așa cum am arătat mai sus, fenomen cunoscut sub denumirea de radioliza apei, mai corect fotoliza, deoarece



are loc sub acțiunea radiațiilor solare, existînd și alte surse de energie care produc ionizarea moleculelor de apă. Atît radicalii liberi cît și ionii stabili se pot recombina și formează apă. Schematic, reacțiile care au loc în cazul radicalilor liberi sunt:



Iar în cazul ionilor stabili reacțiile sunt:



Consecințele radiolizei datorită radicalilor liberi și apei oxigenate sunt modificări ale structurii chimice ale macromoleculelor de proteine și acizi nucleici. Pot fi afectați atît cromosomii cît și proteinele citoplasmice și activitatea enzimatică. Efectele radiațiilor ionizante asupra organismelor acvatice sunt atît somatice cît și genetice. În funcție de intensitatea, natura radiațiilor ionizante și timpul de expunere, acțiunea asupra organismelor acvatice poate fi stimulatorie, inhibitoare sau letală. Stadiile tinere ale organismelor acvatice (ouă, larve, juvenili) sunt mult mai sensibile la acțiunea ionizantă decît cele mature.

Alte radiații care produc ionizări pentru organismele din mediul acvatic sunt: radiațiile  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$  emise de substanțele radioactive, razele UV solare, mezonii ( $k$  și  $\pi$ ) de proveniență cosmică și neutronii rezultați din reacțiile nucleare (Papadopol, 1978).

Apa, în special straturile superficiale din bazinele acvatice constituie un adevărat colector și rezervor de nuclee radioactive care se acumulează în cantități mult mai mari decît pe uscat. Organismele acvatice sunt capabile să acumuleze cantități mari de izotopi radioactivi în țesuturile lor, devenind periculoase pentru alte organisme din jur sau pentru om. În cercetările care vizează aceste aspecte se calculează coeficientul de acumulare sau de concentrare a izotopilor radioactivi ca raport între concentrația izotopului în organism și cea din mediu.

## 2.3. Proprietăți chimice

Structura de dipol a apei face ca aceasta să fie un solvent mai bun decît orice alt lichid obișnuit. Se spune că apa este aproape un solvent universal. Acest fapt explică lipsa apei pure în natură și faptul că întotdeauna în apă se găsește dizolvată o cantitate mai mică sau mai mare de substanțe chimice. Se aproximează că peste 80 din elementele chimice cunoscute se găsesc în apă, fiind bine reprezentate sărurile, bazele, acizii minerali care se dizolvă foarte ușor, dar și alte substanțe cum sunt grăsimile sau uleiurile vegetale care se dizolvă foarte greu. Un factor important care influențează gradul de dizolvare a substanțelor în apă este temperatura.

Sursele de proveniență a substanțelor chimice dizolvate în apă și factorii care influențează cantitatea lor sunt:

- substratul geologic și solurile bazinelor acvatice propriu-zise (albia râului sau cuveta lacustră) dar și substratul geologic, solurile din bazinul de drenaj;
- clima determinată de așezarea pe latitudine și altitudine, care influențează și determină raportul dintre cantitatea de apă care se evaporă și cea provenită din precipitații;
- vegetația are rol important prin reținerea unei cantități mari de substanțe chimice dar și prin cantitatea mare de materie organică care se mineralizează după moarte constituind o sursă majoră de substanțe chimice;
- mineralizarea materiei organice moarte în cadrul circuitului general bio-geo-chimic în natură;
- apele uzate și alte forme de impact antropic.

Compoziția chimică a apei are o dinamică în timp și spațiu determinată în primul rînd de factorii climatici (temperatură, precipitații, vînt, nebulozitate, numărul de anotimpuri) dar și de alți factori autohtoni și alohtoni din bazinul de drenaj. Din categoria factorilor alohtoni, semnificative

sunt procesele de poluare ale apei cu ape uzate industriale, agricole sau menajere dar și alte forme de impact cum sunt: defrișările, balastierele, lucrările de regularizare ale râurilor, de drenare a zonelor umede, turism etc. Principalele grupe de substanțe minerale dizolvate în apă sunt reprezentate de cloruri, carbonați-bicarbonați, sulfați etc., adică de anioni și cationi (calciu, sodiu, potasiu, magneziu etc.), aflați în proporții diferite în apele mărilor și oceanelor, respectiv în cele continentale.

### Salinitatea

Salinitatea (S‰) sau gradul de mineralizare al apei reprezintă greutatea elementelor solide care poate fi obținută prin evaporarea unui kilogram de apă la vid și la o temperatură de 480°C pînă se ajunge la o greutate constantă. Altfel spus, reprezintă suma cationilor și anionilor care se găsesc dizolvați în apă, principalii cationi fiind:  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Ba}^{2+}$ ,  $\text{Na}^{+}$ ,  $\text{Fe}^{2+/3+}$ ,  $\text{Mn}^{2+/7+}$ , iar dintre anioni:  $\text{Cl}^{-}$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{HCO}_3^{2-}$ ,  $\text{NO}_3^{-}$ ,  $\text{PO}_4^{2-}$ . Cantitatea și calitatea sărurilor dizolvate în apă diferă de la un bazin acvatic la altul. În apele dulci continentale, dintre anioni domină carbonații cu 79,9%, urmează sulfații cu 13,2% și clorurile cu 6,9%, celelalte săruri, azotații, fosfații etc. fiind reprezentate în ecosistemele acvatice naturale în procente mai mici. În apele mărilor și oceanelor grupul dominant de anioni sunt clorurile cu 88,88%, sulfații cu 10,8% și carbonații - bicarbonații cu 0,2 - 0,4%. Cationii se prezintă astfel, în apele dulci:  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Na}^{+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{K}^{+}$  etc., în cele marine:  $\text{Na}^{+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{K}^{+}$ ,  $\text{Ca}^{2+}$  etc.

Reprezentativ pentru apele mărilor și oceanelor este prezența unor compuși chimici majori care constituie peste 100 ppm, compuși minori cu 1-100 ppm și a unor elemente rare, ce reprezintă mai puțin de 1 ppm. Dintre produșii majori menționăm:  $\text{Cl}^{-}$ ,  $\text{Na}^{+}$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{K}^{+}$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ , dintre cei minori: stronțiu, bor, siliciu și fluor iar dintre elementele rare: litiu, rubidiu, iod.

Valorile medii ale salinității apei din mări și oceane este de 35‰ (adică 35 g/L), variațiile fiind condiționate de aportul de apă dulce de pe continent, de cantitatea de precipitații, de gradul de evaporare condiționat de temperatură cît și de curenții de adîncime sau de suprafață care modifică salinitatea apei. Există modificări ale valorilor salinității și în funcție de zonele climatice și succesiunea anotimpurilor. Astfel, în emisfera nordică salinitatea este mai mică decît în cea sudică; la ecuator, datorită precipitațiilor abundente, salinitatea este mai mică decît la tropice, unde precipitațiile sunt reduse și temperaturile ridicate, ceea ce intensifică evaporarea. Datorită acelorași factori, salinitatea Mării Roșii este foarte ridicată (41‰), a Mării Negre foarte scăzută, de doar 17-21‰, iar a Mării Baltice de doar 2 - 11‰.

Salinitatea apei sau presiunea osmotică a apei condiționează regimul hidric salin al organismelor acvatice. Răspunsul organismelor față de salinitate este modificarea presiunii lor osmotice prin intrarea sau ieșirea apei din celule pe un gradient de concentrație. Apa tinde să pătrundă în celulele organismelor acvatice dacă acestea au o concentrație mai mare decît mediul, sau să iasă din organisme dacă apa are o concentrație mai mare decît organismele. Acest proces se desfășoară pînă se ajunge la un echilibru între mediul intern al organismelor și apa din mediu datorită permeabilității membranelor celulelor. În funcție de limitele între care se desfășoară acest proces organismele acvatice pot fi stenohaline și eurihaline. Speciile stenohaline trăiesc în medii cu salinitate constantă pe întreg ciclul lor biologic. Cele de apă dulce trăiesc în ape cu salinitate mică și constantă, cele de apă sărată, stenohaline de apă sărată, în ape cu salinitate mare și constantă.

Speciile eurihaline sau osmoreglatoare trăiesc în medii acvatice în care salinitatea variază între limite foarte largi, în toate fazele ciclului lor de dezvoltare. Aceste organisme au mecanisme eficiente de adaptare la modificarea salinității, stadiile tinere fiind mai sensibile. Între aceste adaptări menționăm permeabilitatea crescută a membranei celulelor din țesuturile tegumentare sau reglarea presiunii osmotice prin modificarea concentrației de aminoacizi liberi. Organismele acvatice pot fi poikilosmotice sau izosmotice, care își modifică concentrația mediului intern în funcție de cea a mediului extern și homeosmotice, care își păstrează presiunea osmotică a mediului intern indiferent de cea a apei din mediu. În acest caz reglarea presiunii osmotice a organismelor nu se face prin procese fizico-chimice pe gradient de concentrație a sărurilor, ci prin transport activ al

ionilor prin membrană, împotriva gradientului de concentrație. Este vorba de pompele ionice care funcționează cu consum energetic ridicat.

Salinitatea apei influențează densitatea și presiunea hidrostatică a apei, valorile densității modificându-se în funcție de temperatura și salinitatea apei (fig. 2.3.).

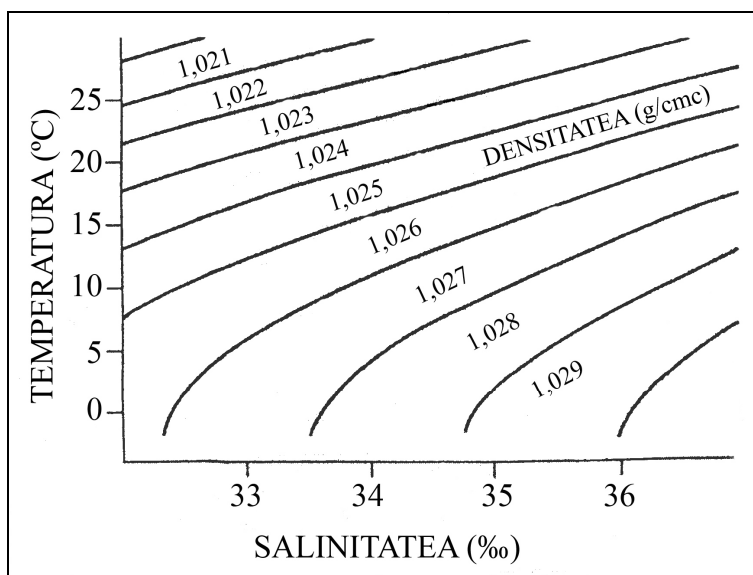


Fig. 2.3. Valorile salinității apei oceanice în funcție de temperatură și densitate (Roșu, 2006)

Semnificația ecologică constă în aceea că valorile salinității determină distribuția organismelor acvatice. Mai mult, salinitatea apei mărilor și oceanelor poate avea efect și asupra distribuției plantelor din habitatele terestre învecinate. De exemplu, pădurile de mangrove sunt adaptate la variații mari ale salinității, unele specii tolerând valori foarte mari ale salinității comparativ cu speciile terestre învecinate.

În funcție de valorile salinității, apele pot fi:

- dulci, cu  $S_{\text{‰}} < 0,5$  (denumite impropriu și ahaline, cunoscând faptul că în natură nu există apă pură, fără săruri dizolvate);
- sălcii și salmastre:  $30 < S_{\text{‰}} < 0,5$  (mixohaline), ce se subîmpart în:
  1. oligohaline cu  $S_{\text{‰}}$  cuprinsă între 0,5 și 5;
  2. mezohaline (salmastre) cu  $S_{\text{‰}}$  cuprinsă între 5 și 18;
  3. polihaline cu  $S_{\text{‰}}$  cuprinsă între 18 și 30;
- marine și oceanice (euhaline) cu  $S_{\text{‰}}$  cuprinsă între 30 și 40;
- supersărate (hiperhaline, ultrahaline), cu  $S_{\text{‰}} > 40$ ; apele supersărate se întâlnesc atât în golfuri marine izolate cât și în lacurile mari din zone aride sau cele pe substrat de cute diapire (depozite de sare).

Speciile de organisme acvatice care se dezvoltă în astfel de ape sunt:

- specii dulcicole;
- specii salmastricole: oligohaline, mezohaline sau polihaline;
- specii marine sau oceanice (euhaline);
- specii de apă supersărată din grupul halobiontelor (euhalobe).

În funcție de gradul de adaptare al organismelor la valorile concentrației de săruri se diferențiază:

- organisme eurihaline;
- organisme haloxene, ajunse întâmplător în ape sărate;
- organisme halofile, sau iubitoare de ape sărate, dar care pot trăi și în alte tipuri de ecosisteme acvatice;
- organisme halobionte – organisme care trăiesc exclusiv în ape sărate.

În același context există și un sistem de halobioză al organismelor în funcție de valorile salinității mediului în care trăiesc:

- oligohalobe:
  1. halofobe, în ape cu salinitatea de până la 0,02‰;
  2. indiferente, în ape cu salinitatea cuprinsă între 0,02 și 0,3‰;
  3. halofile, în ape cu salinitatea cuprinsă între 0,4 și 0,5‰;
- mezohalobe: în ape cu salinitatea cuprinsă între 0,5 și 30‰;
- halobionte (euhalobe): în ape cu salinitatea cuprinsă între 30 și 40‰;
- hiperhalobe: în ape cu salinitatea mai mare de 40‰.

### **Conductivitatea apei sau conductibilitatea electrică**

Este o proprietate pe care unii autori o tratează la capitolul proprietăți fizice ale apei, fiind definită ca măsură a inversului rezistenței apei la trecerea curentului electric între 2 electrozi aflați la distanță de 1 cm și cu o suprafață de 1 cm<sup>2</sup>. Fiind o măsură a mineralizării totale sau a conținutului de substanțe minerale dizolvate, mai exact a cantității de electroliți care disociază la trecerea curentului electric, considerăm că este mai potrivit să fie tratată la capitolul de proprietăți chimice. Factorii care influențează conductivitatea sunt natura și cantitatea de săruri dizolvate, deci gradul de disociere în ioni pozitivi și negativi a substanțelor la trecerea curentului electric. Temperatura este un alt factor, care determină creșterea gradului de disociere și mobilitatea ionilor, deci creșterea conductivității apei (cu aproximativ 2,5% la 10°C creștere a temperaturii).

Apa are o constantă dielectrică mare ( $\Sigma = 80$  la 20°C), ceea ce arată că apa pură (inexistentă în natură) este rea conducătoare de curent.

Unitatea de măsură este  $\mu\text{S}/\text{cm}$  și are valori mici în bazinele acvatice aflate pe substrat dur de roci silicioase, granitice, din care apa dizolvă cantități reduse de substanțe chimice (10 - 30  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) și valori mari de până la 400 - 500  $\mu\text{S}/\text{cm}$  pe soluri calcaroase sau peste 1.000  $\mu\text{S}/\text{cm}$  pe soluri cu substrat din roci sedimentare sau de cute diapire din care apa dizolvă cantități mari de săruri. Apa mărilor și oceanelor are valori de până la 35.000  $\mu\text{S}/\text{cm}$ .

Există posibilitatea convertirii  $\mu\text{S}/\text{cm}$  în g/L.

### **Duritatea**

Este determinată de suma concentrațiilor cationilor din apă, cu excepția  $\text{H}^+$  și a metalelor alcaline,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$  etc. Practic în ecosistemele acvatice continentale duritatea apei este dată de ionii de  $\text{Ca}^{2+}$  și  $\text{Mg}^{2+}$  asociați cu cei de  $\text{Fe}^{2+/3+}$  și  $\text{Al}^{3+}$   $\text{Mn}^{2+}$  iar în mări și oceane contează în primul rând  $\text{Mg}^{2+}$ , care intră în componența carbonaților, bicarbonaților, clorurilor, sulfatilor, azotaților etc., diferențiat cantitativ pe ape dulci și cele oceanice.

**Duritatea totală** se referă la concentrația totală a cationilor (exceptând  $\text{H}^+$  și metalele alcaline) care intră în compoziția apei. În apele dulci sunt dominanți cationii în combinațiile lor cu carbonați, bicarbonați, iar în cele sărate cu cloruri și sulfati.

**Duritatea temporară** este determinată de concentrația cationilor din carbonați-bicarbonați ( $\text{Ca}^{2+}$  și  $\text{Mg}^{2+}$ ) care pot fi ușor eliminați prin fierbere deoarece precipită.

**Duritatea permanentă** este determinată de concentrația de cationi prezenți în cloruri, sulfati, azotați etc., care sunt deosebit de stabili chiar la fierbere.

Duritatea totală se obține din însumarea valorii durității temporare cu cea permanentă.

Apele continentale, exceptându-le pe cele supersărate sau sărate, au în mod obișnuit o duritate temporară determinată de cantitatea de  $\text{CaCO}_3\text{-Ca}(\text{HCO}_3)_2$ , iar cele marine una permanentă determinată de Ca și Mg din cloruri și sulfati, în primul rând.

Unitatea de măsură a durității este gradul de duritate german sau francez (1 grad duritate german = 10 mg  $\text{CaO}/\text{L}$ ; 1 grad duritate francez = 10mg  $\text{CaCO}_3/\text{L}$ ) (tabel 2.4.). Valorile durității se schimbă și în cazul aceluiași bazin acvatic, în funcție de anotimp sau de aport de ape uzate sau alte forme de impact (defrișări).

Tabel 2.4. Tipuri de apă în funcție de valorile durtății (Roșu, 2006)

Ape	foarte moi	moi	semidure	dure	foarte dure
Grade de duritate germane 10 mg CaO/L	0-4	4-8	8-15	15-30	>30
Grade de duritate franceze 10 mg CaCO <sub>3</sub> /L	0-5	5-15	15-25	25-50	>50
mg CaCO <sub>3</sub> /L	0-50	50-150	150-250	250-500	>500

### Alcalinitatea

Se definește ca fiind cantitatea de acid puternic, necesară pentru punerea în libertate a ionilor acizilor slab disociați prezenți într-un litru de apă la temperatura de 20°C și presiune normală. Alcalinitatea este condiționată în primul rând de prezența carbonaților-bicarbonaților (de Na, K, Mg și Ca) și a altor săruri precum silicați și fosfați, mai rar de hidroxizii prezenți în apă. Originea acestor compuși pornește de la reacțiile sistemului tampon care determină valorile pH-ului apei, pornind de la CO<sub>2</sub>. În cadrul acestui sistem (vezi fig. 2.6.), alcalinitatea este rezultatul prezenței în apă a ionilor CO<sub>3</sub><sup>2-</sup> care determină alcalinitatea carbonat, cu valori mari, HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> care determină alcalinitatea bicarbonat cu valori medii și mici și OH<sup>-</sup> care determină alcalinitatea hidroxil cu valori foarte mari. Efectul combinat dă alcalinitatea totală.

Dioxidul de carbon poate proveni fie din atmosferă, fie din apă, rezultat în procesele de descompunere bacteriană a materiei organice sau din respirație ca și din dizolvarea rocilor din solurile de sub bazinele acvatice sau din bazinul de drenaj. Valori mari ale alcalinității apar în apele dulci la cantități mari de substanțe dizolvate, deseori la cantități mari de carbonați sau în caz de poluare cu substanțe alcaline. În apele mărilor și oceanelor crește mult în urma reducerii sulfatilor.

### Clorinitatea apei

Clorinitatea apei, exprimată în Cl‰, exprimă cantitatea totală de halogeni (Cl, I și Br) dintr-un kilogram de apă de mare, în care bromul și iodul sunt exprimate prin greutate echivalentă în clor. Altfel spus clorinitatea exprimă concentrația totală de halogeni la unitatea de greutate (g/L). Se utilizează și noțiunea de clorositate, care se referă la clorinitatea exprimată în grame la un volum de 1 L de apă la temperatura de 20°C.

### Potențialul redox (rH-ul)

Potențialul oxido-reducător sau redox al unei soluții este o măsură a echilibrului dintre reacțiile de oxidare și cele de reducere. Se definește ca fiind logaritmul cu semn schimbat al presiunii hidrogenului gazos din atmosferă, aflat în echilibru cu hidrogenul molecular dizolvat într-o soluție.

rH-ul se calculează după formula:

$$rH = (E + 0,058 \text{ pH}) / 0,029 \text{ unde } E \text{ este diferența de potențial electric calculată în mV.}$$

Valori mici ale rH-ului echivalează cu putere reducătoare mare, apa din ecosistemele acvatice fiind considerată reducătoare la valori ale rH-ului cuprinse între 0 și 27; și oxidantă la valori între 28 și 54.

În apele naturale reacțiile oxido-reducătoare sunt deosebit de intense la interfața apă-sedimente, apă-mîluri. Agenți puternic reducători în apă sunt: H<sub>2</sub>S, CH<sub>4</sub>, NH<sub>3</sub> dar și H<sub>2</sub>, N<sub>2</sub> iar, dintre cei oxidanți: H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, O<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>, MnO<sub>4</sub><sup>-</sup>.

### Rhopia

Rhopia sau factorul rhopic (*rhope* gr. = echilibru) este un parametru care se referă la echilibrul dintre substanțele minerale din apa de mare sau raportul numeric dintre diferiți ioni din mediul acvatic care acționează antagonic sau sinergic asupra parametrilor funcționali ai organismelor. Pentru Marea Neagră acest parametru este influențat de cantitățile mari de ioni de K<sup>+</sup> și Ca<sup>2+</sup> vehiculați de apele dulci ale râurilor și fluviilor care se varsă în Marea Neagră. După Pora și Oros (1974) se consideră că principalul factor care limitează pătrunderea speciilor mediteraneene în

Marea Neagră (cefalopode, enteropneuste, echinide etc. dar și unele alge brune) este raportul ionic diferit și nu salinitatea. Acest lucru explică de ce unele grupe numeroase în Marea Mediterană au un număr redus de reprezentanți în Marea Neagră (ctenofore, amfîneure - moluște).

### **Reacția ionică (pH-ul apei)**

Se definește ca logaritmul cu semn schimbat al concentrației ionilor de  $H^+$  dintr-o soluție;  
 $pH = \log 1/H^+ = -\log H^+$

Valorile pH-ului se determină prin utilizarea hîrtiei sau a soluției indicatoare sau potențiomtric cu ajutorul pH-metrului de diverse tipuri. Apele din ecosistemele naturale au un pH cuprins între 3,5 și 10, valorile cele mai mici înregistrîndu-se în mlaștinile și lacurile oligotrofe datorită acizilor humici iar cele mai mari (9-10) în mlaștinile și lacurile eutrofe mai ales în timpul zilei, cînd se consumă intens  $CO_2$  în fotosinteză. Valori mari se înregistrează în ecosistemele antropizate, cum sunt cele în care se practică acvacultura.

În apele dulci se înregistrează variații mari ale pH-ului între zi și noapte datorită procesului de fotosinteză, mai ales în timpul verii. În apele sărate, valorile pH-ului rămîn relativ constante datorită sărurilor care au rol de tampon.

Factorii care influențează pH-ul în ecosistemele acvatice naturale sunt: temperatura, care determină gradul de disociere al apei, dinamica sistemului  $CO_2$  și alcalinitatea. Apele sărace în bicarbonați sunt saturate în  $CO_2$ , valorile pH-ului situîndu-se între 3,5 și 6,5. În timpul zilei consumul de dioxid de carbon în fotosinteză determină creșteri ale pH-ului pînă la 9-10 și procesul invers are loc noaptea cînd pH-ul scade. Se pot produce modificări ale valorii pH-ului și pe verticală, în lacurile în care au loc migrații ale algelor în funcție de intensitatea luminoasă și datorită macrofitelor.

Modificări drastice ale pH-ului se pot produce în apele naturale și datorită deversării unor ape reziduale industriale (apele de mină determină scăderea drastică a pH-ului), agricole sau menajere.

În funcție de preferințele față de pH, organismele acvatice pot fi eurionice, indiferente față de valorile pH-ului și stenoionice. Din acest grup, menționăm alcalibiontele și alcalifilele, acidobiontele și acidofilele.

**Unele dintre proprietățile apei cum ar fi pH-ul, potențialul redox sau conductivitatea sunt tratate în unele situații în literatura română de specialitate ca fiind fizico-chimice. Acest mod de abordare se bazează pe faptul că deși în esență se referă la substanțe chimice dizolvate în apă, măsurarea acestora se bazează pe procese care țin de domeniul fizicii.**

### **Anionii**

În ecosistemele acvatice naturale cei mai frecvenți anioni sunt: carbonații, bicarbonații, clorurile și sulfații în proporții diferite, așa cum am arătat anterior. Sursa pentru aceste substanțe chimice este substratul bazinelor acvatice, inclusiv bazinul de drenaj, mineralizarea materiei organice în cadrul circuitului general bio-geo-chimic sau apele reziduale deversate fără a fi epurate (Pricope, 2007).

**Carbonații** reprezintă substanțele dominante în apele dulci (79,9%), înregistrînd valori foarte scăzute în apele mărilor și oceanelor (0,2 - 0,4%). Cei mai reprezentativi sunt  $CaCO_3$ ,  $MgCO_3$  și  $SrCO_3$ . Caracteristic pentru carbonați este solubilitatea redusă a acestora în apă, solubilitate influențată de temperatură și de pH-ul apei.

**Bicarbonații** sunt mult mai solubili decît carbonații, solubilitatea fiind influențată în special de pH-ul apei. În apele naturale,  $Ca(HCO_3)_2$  are rol de tampon în sistemul  $CO_2 - H_2CO_3 - CaCO_3$  care determină pH-ul apei. La un pH mai mic de 4 este domeniul exclusiv al  $H_2CO_3$  iar la un pH mai mare de 12 nu există decît  $CaCO_3$  (vezi fig. 2.6.).

**Clorurile** sunt cele mai răspîndite, alături de care apar bromurile și iodurile. Clorurile reprezintă 88,88% din totalul anionilor existenți în apele mărilor și oceanelor și doar 6,9% din apele continentale. Bromurile și iodurile apar în cantități mici în apele mărilor și oceanelor iar florurile mai rar în apele continentale de suprafață, găsindu-se în apele subterane.

**Sulfații**, alături de sulfuri și hidrogen sulfurat, sunt combinațiile sulfului reprezentând 13,2% din anionii apelor dulci și 10,8% din cele marine. Sulfații au o solubilitate redusă, constituind substrat pentru bacteriile oxido-reducătoare care-i transformă în hidrogen sulfurat sau sulfuri solubile. Sulfurul intră în compoziția unor aminoacizi (cisteină și metionină).

În reacțiile de oxidare, în prezența apei, bacteriile sulfoficatoare (sulfoxidante) transformă  $H_2S$  sau chiar sulfurul elementar în sulfați.

În reacțiile de reducere, bacteriile desulfificatoare transformă sulfații în  $H_2S$  care se degajă, sau, în prezența fierului se formează  $FeS$ , pirita de culoare neagră. Cantitățile mari de  $H_2S$  în ape stătătoare, în condiții de hipo- sau anoxie devin toxice pentru organismele acvatice.

### Cationii

Au aceeași sursă principală, substratul de sub bazinele acvatice, bazinul de drenaj, circuitul general bio-geo-chimic sau deversările de ape uzate netratate.

**Sodiul** și **potasiul** au rol important în transportul activ prin membranele celulare (pompe ionice). Sunt prezenți în apele naturale sub formă de cloruri, sulfuri, sulfați, ioduri, carbonați, bicarbonați, atingând concentrații de ordinul miligramelor per litru în funcție de natura substratului.

**Calciul**, element de importanță majoră care intră în structura carapacelor sau exoscheletelor calcaroase, oaselor, dinților animalelor acvatice, are rol în transportul activ prin membranele celulare (pompe ionice), determină duritatea apei.

Sursa sărurilor de calciu: cloruri, bicarbonați, carbonați și sulfați, este substratul ecosistemelor acvatice, bazinul de drenaj, circuitul general bio-geo-chimic. Solubilitatea compușilor cu calciu este influențată de temperatura apei, presiunea hidrostatică și natura anionului de care se leagă, clorurile fiind cele mai solubile, urmate de sulfați, bicarbonați și carbonați. Cantitățile de calciu în apele continentale de suprafață variază, fiind de ordinul zecilor sau sutelor de miligrame per litru, în apa mărilor și oceanelor nedepășind 400 mg/L.

În timpul verii, datorită intensității procesului de fotosinteză al algelor și macrofitelor, mai ales în lacurile cu vegetație submersă bogată, se consumă cantități mari de  $CO_2$ . Datorită și valorilor ridicate de temperatură, are loc precipitarea  $CaCO_3$  și depunerea pe plante a calciului de asimilație sau depunerea sub formă de straturi de  $CaCO_3$  la nivelul substratului, formînd „creta de lac”.

În anotimpul rece, cu valori scăzute ale fotosintezei sau la adîncimi mari în lacuri unde se acumulează  $CO_2$ , are loc solubilizarea  $CaCO_3$ , rezultînd  $Ca(HCO_3)_2$ , mai solubil, avînd drept consecință creșterea concentrației de calciu în apă.

**Magneziul**, element esențial, prezent în apele de suprafață, intră în structura clorofilei, în compoziția unor enzime și are acțiune stimulatorie asupra cianobacteriilor fixatoare de azot atmosferic. Are rol în transportul activ prin membranele celulare – pompe ionice. Cantitatea de magneziu variază de la 50 mg/L pînă la 200 mg/L în apele continentale de suprafață, avînd valori mai mari în cele marine.

**Fierul** este un oligoelement al cărui compuși sunt indispensabili dezvoltării și metabolismului organismelor acvatice. Fierul este un constituent de bază al multor enzime, intervine în procesele metabolice oxidative și de fotosinteză prin citocromi, al căror constituent este. Este component al hemoglobinei și are rol important în procesele enzimatice ale nitrogenazelor la bacterii, ciuperci și alge, fiind implicat în reacții de oxido-reducere mediate de bacterii, schimbîndu-se de la forme feroase  $Fe^{2+}$  la cele ferice  $Fe^{3+}$  și invers.

Se găsește în mediul acvatic atît sub formă anorganică cît și organică, sub formă de particule, sau dizolvată, forma ferică  $Fe^{3+}$  fiind foarte solubilă, cea feroasă  $Fe^{2+}$  precipită și se depune la nivelul substratului. Aceste transformări de la forma feroasă la cea ferică și invers sunt condiționate de oxigen, pH, temperatură, organismele acvatice etc.

Sursele de fier pentru mediul acvatic sunt: substratul bazinelor acvatice (inclusiv cel din bazinele de drenaj) precum și apele de mină. Concentrația optimă de fier în apă este de pînă la 1 mg/L, frecvent 100 - 3.000  $\mu g/L$ , valori superioare întîlnindu-se în izvoarele feruginoase sau în cazul poluării cu ape de mină.

Ciclul fierului interferează cu cel al sulfului și al fosforului. În condiții anoxice, la nivelul sedimentelor din apele stătătoare se formează  $H_2S$  și  $FeS$ , iar în condiții de aport de oxigen, fosfatul feric ( $Fe^{3+}PO_4$ ). Culoarea neagră a mîlurilor din sedimentele apelor stătătoare este dată de sulfura de fier (pirită) iar mirosul de ouă stricate de  $H_2S$ .

**Manganul** este un oligoelement implicat în procesele enzimatice care intervin în respirația organismelor acvatice și în metabolismul azotului precum și în fotosinteză (fotosistem II). Se găsește în apă atât sub formă ionică cît și în combinații feromanganice sau legat de unele substanțe organice.

În cantități mici de ordinul miimilor de miligrame per litru, stimulează dezvoltarea algelor, sau după alți autori, uneori „înfloririle” algale pot fi inhibitate de prezența sărurilor de mangan din apă (Horne și Goldman, 1994).

Toxicitatea manganului a fost confirmată în situațiile în care se deversează în ecosistemele acvatice ape acide de mină (Patrick și colab., 1969) cu conținut ridicat în metale grele între care și mangan. S-au observat procese de bioacumulare a manganului în corpul organismelor din mări și oceane.

În apa lacurilor, manganul intervine în ciclul oxigenului, contribuind la aportul de oxigen în hipolimnion sau la nivelul substratului. Formele ionice ale manganului din hipolimnion, fiind ușoare, sunt antrenate de curenții de convecție spre straturile superioare ale apei, unde în prezența oxigenului se oxidează, rezultînd compuși greu solubili care se sedimentează. Aici cedează oxigenul, rezultînd din nou forme ionice și ciclul se reia. Acest proces are o semnificație ecologică, contribuind la îmbogățirea în oxigen a zonelor profunde din lacuri sau chiar la nivelul substratului.

**Cuprul** reprezintă un oligoelement care intervine în procesele enzimatice din corpul organismelor acvatice. Cuprul intră în structura unor pigmenți din mediile interne ale organismelor: hematocianina, hepatocuprina și cerebrocuprina (Pricope, 1999). Este prezent atât sub formă ionică cît și sub formă de compuși organominerali, în concentrații de 10 - 100  $mg/m^3$  de apă. Compușii carbonici ai cuprului sunt insolubili și se pot depune sub formă de malachit sau azurit. În concentrații mari devine toxic mai ales pentru alge, pe acest lucru bazîndu-se utilizarea sulfatului de cupru ca algicid în combaterea „înfloririlor algale” din unele bazine avatice, dar mai ales în acvarii.

**Siliciul** este un element esențial, indispensabil dezvoltării diatomeelor și a unor specii de sinuroficee (*Mallomonas*, *Synura*) care au un schelet extern silicios, precum și a spongierilor silicioși și a radiolarilor care au schelet silicios. Se găsește în apă sub formă ionică, hidratată ( $SiO_2 \times H_2O$ ) sau sub formă reactivă  $H_2SiO_4$ , care formează lanțuri scurte de 2 - 3 - 4 unități în apele naturale. Concentrația siliciului dizolvat în apă poate atinge valori de pînă la 13  $mg/L$  în rîuri și între 0,5 și 60  $mg/L$  în lacuri. Forma chimică și gradul de mobilizare și utilizare a siliciului de către diatomee și animalele menționate depinde de pH-ul apei, de alcalinitatea și duritatea apei, ca și de temperatură. Siliciul poate deveni factor limitativ al dezvoltării organismelor acvatice. În perioadele de maximă dezvoltare a diatomeelor – primăvara și toamna, cantitatea de siliciu scade foarte mult. Frustulele silicioase ale diatomeelor care se concentrează după moartea lor formează depozitele de diatomită sau pămînt de diatomee.

**Zincul**, sub formă chelată intervine în reacțiile enzimatice care au loc în procesul de utilizare a carbonului în fotosinteză, stimulînd în cantități mici dezvoltarea fitoplanctonului. Lipsa completă a zincului sau prezența compușilor nechelatați limitează creșterea algelor (Goldman, 1972). Efectul toxic al zincului a fost demonstrat în situațiile în care ajunge în cantități mari în ecosistemele acvatice prin apele acide de mină, determinînd alături de alte metale grele (Fe, Cu, Mn) moartea în masă a florei și faunei acvatice.

**Molibdenul** intervine în reacțiile enzimatice implicate în ciclul azotului, molibdenul fiind centrul activ al nitratreductazei nitrogenazice. Cantități infime de molibden în apă stimulează dezvoltarea fitoplanctonului și a unor specii de cladocere și copepode.

**Cobaltul** este centrul activ al celor patru inele pirolice din vitamina  $B_{12}$ , pe modelul structurii clorofilei cu magneziu sau a hemoglobinei cu fier. Cantități foarte mici de cobalt stimulează producția în unele lacuri oligotrofe. Este prezent în cantități foarte mici în toate tipurile de lacuri.



**Seleniul**, conform cercetărilor efectuate de Lindstrom și Rhode (1977) condiționează dezvoltarea unor specii de *Ceratium* care necesită cantități foarte mici de seleniu. În cantități mici seleniul este cofactor al glutatation peroxidazei care are acțiune anticancerigenă pentru multe forme de cancer la mamifere (cancer mamar).

În cantități mari, ca și arsenicul, provenit din apele reziduale, seleniul este foarte toxic pentru animalele acvatice (păsări, mamifere) sau pentru cele care utilizează apa respectivă.

### **Elemente biogene**

Cuprind un număr de elemente chimice care sunt esențiale pentru creșterea și dezvoltarea organismelor acvatice, în primul rând a producției primare, cunoscute în literatura de specialitate ca elemente biogene, sau bioelemente, sau nutrienți, care acționează și ca factori limitativi. Din acest grup menționăm combinațiile chimice ale carbonului, azotului, fosforului, sulfului, siliciului, magneziului, cuprului, calciului, fierului, potasiului, manganului, cobaltului etc., unele prezentate anterior. Multe dintre aceste elemente chimice pot deveni toxice pentru organismele acvatice atunci când se acumulează în cantități mari în apă (combinații ale N, P, Cu, S, Fe, Zn etc.) Sursele pentru aceste substanțe chimice au fost prezentate în capitolul 1. În apă substanțele biogene au un circuit cu particularități pentru fiecare element, ceea ce asigură permanența lor în mediu. Prin descompunerea materiei organice moarte, elementele biogene ajung din nou în apă, sub formă de combinații anorganice sau organice. În lacuri se estimează că din materia organică moartă provenită din fitoplancon, după descompunere, 20 - 25% revine în coloana de apă sub formă anorganică și 30 - 40% sub formă organică. Unele dintre aceste elemente au un circuit foarte rapid, așa cum este fosforul sau manganul.

### **Azotul**

Combinațiile chimice sub care este prezent azotul în ecosistemele acvatice sunt atât anorganice: azot molecular sub formă de gaz, azotați, azotiți, săruri de amoniu, uree, cât și compuși organici dizolvați. Ciclul azotului cuprinde toate aceste tipuri de compuși chimici, în stare gazoasă, dizolvați în apă sau sub formă de particule, atât în prezența oxigenului cât și în condiții de anoxie. Azotul poate deveni factor limitativ în mediul acvatic, mai ales în anotimpul călduros. Rolul azotului este semnificativ, fiind element care intră în structura aminoacizilor și a proteinelor.

Azotul molecular sub formă gazoasă este în general inert din punct de vedere chimic. Acesta ajunge în apă din atmosferă unde se dizolvă, având un grad mare de solubilitate. O altă sursă de N<sub>2</sub> pentru mediul acvatic sunt procesele de denitrificare sub acțiunea bacteriilor specifice. Azotul molecular poate fi utilizat direct din atmosferă de către bacteriile fixatoare de azot și de către unele cianobacterii (cele care au heterociste: *Nostoc*, *Anabaena*, *Anabaenopsis*, *Aphanizomenon*).

Sărurile de amoniu provin în mediul acvatic din hidratarea amoniacului. Amoniacul (NH<sub>3</sub>) rezultă din reducerea compușilor cu azot sau din hidroliza ureei precum și din descompunerea anaerobă sub acțiunea bacteriilor de putrefacție a materiei organice moarte din apă. Amoniacul are un grad mare de toxicitate pentru organismele acvatice. Poate apărea în concentrații mari în unele bazine acvatice în cazul unor poluări cu materie organică. Sărurile de amoniu sunt utilizate atât de către alge și macrofite acvatice cât și de către bacterii, dar în permanență există cantități mici în apă datorită produșilor de excreție ai organismelor acvatice care conțin săruri amoniacale, uree, acid uric. Cantitatea de săruri de amoniu din apă depinde de raportul dintre cantitatea de produși de excreție ai animalelor, rata de utilizare a sărurilor de amoniu de către producătorii primari și rata proceselor de oxidare bacteriană a acestor săruri.

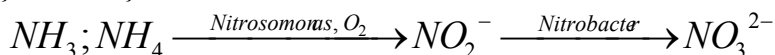
În apele stătătoare este bine cunoscut procesul de modificare a cantității de săruri de amoniu în funcție de migrațiile zilnice pe verticală ale zooplanctonului și peștilor. Se știe că peștii produc cantități suficiente de săruri de amoniu prin excreție care să stimuleze metabolismul fitoplanctonului. Aceste procese au particularități pentru diverse tipuri de lacuri, în funcție de nivelul de troficitate, gradul de amestecare al maselor de apă și anotimp, existând și o dinamică sezonieră a cantității sărurilor de amoniu.

Raportul dintre formele moleculare ale sărurilor de amoniu și formele ionice ( $\text{NH}_4^+$ ) este influențat de pH-ul și temperatura apei, determinând grade de toxicitate diferite. Gradul de toxicitate al compușilor cu amoniu este diferit și în funcție de speciile de organisme acvatice și de vârsta acestora. În general, animalele sunt mai sensibile decât algele sau macrofitele acvatice, care datorită fotosintezei consumă săruri de amoniu respectiv modifică pH-ul între zi și noapte datorită aceluiași proces de fotosinteză. Foarte sensibile chiar la concentrații mici de  $\text{NH}_3$  sau  $\text{NH}_4\text{OH}$  sunt salmonidele, comparativ cu alte specii de pești cum este boișteanul, care suportă concentrații de 10 ori mai mari.

Azotii și azotați sunt formele oxidate ale compușilor cu azot, implicate alături de sărurile de amoniu în reacțiile de oxido-reducere sau de nitrificare (de oxidare) și denitrificare (de reducere). Acestea pot fi simple reacții chimice sau fotochimice care au loc în apă sau se desfășoară frecvent în prezența bacteriilor care mediază aceste reacții.

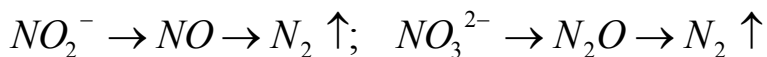
Reacțiile de nitrificare sunt frecvente în mediul acvatic fiind reacții prin care compuși organici și anorganici cu azot sunt transformați pe cale biologică de la forme reduse de tipul  $\text{NH}_3$  sau  $\text{NH}_4$  la forme oxidate de tipul  $\text{NO}_2^-$  și  $\text{NO}_3^{2-}$ . Bacteriile care mediază aceste reacții sunt în prima etapă nitrit bacterii (*Nitrosomonas*) și nitrat bacterii (*Nitrobacter*) în cea de a doua etapă.

Azotii ( $\text{NO}_2^-$ ) sunt produși intermediari de oxidare ai sărurilor de amoniu ( $\text{NH}_4$ ) sau a amoniacului ( $\text{NH}_3$ ), rezultând din reacțiile de nitrificare așa cum s-a arătat mai sus, în final fiind oxidați la azotați:



Azotii și azotați pot rezulta și din reacții simple chimice sau fotochimice prin care are loc oxidarea azotului (provenit din atmosferă la suprafața apei sau a azotului fixat de cianobacterii sau ciuperci) la  $\text{NO}_2^-$  și apoi la  $\text{NO}_3^{2-}$ .

Reacțiile de denitrificare au loc în apele naturale, fiind reacții mediate de bacteriile denitrificatoare prin care azotii și azotați sunt reduși la oxizi ai azotului ( $\text{NO}$  și  $\text{NO}_2$ ) într-o primă etapă și în final la azot molecular ( $\text{N}_2$ ):



Bacteriile implicate în procesele de denitrificare aparțin genurilor *Pseudomonas*, *Thiobacillus*, *Aeromonas* etc.

În ecosistemele acvatice naturale se păstrează în general echilibrul între procesele de nitrificare (care îmbogățesc apa în azotați, utilizați de către diversele grupe de producători primari) și cele de denitrificare care micșorează cantitatea de azotați și azotii. Aceste procese sunt influențate de pH-ul apei, de temperatură și de cantitatea de oxigen ca și de tipul de producători primari și de natura substratului și nivelul de troficitate al apei; există și o variație sezonieră a cantității de  $\text{NO}_2$  și  $\text{NO}_3$ .

În legătură cu tipul de producători primari, se știe de exemplu că algele verzi și cianobacteriile din grupul celor croococale (deci nu dintre cele capabile de fixare de azot) consumă cantități mari de azot anorganic. Prin urmare, în apele de suprafață dominate de acest grup de producători primari azotul devine factor limitativ al creșterii și dezvoltării lor. Alte grupe, cum sunt diatomeele sau macrofitele, consumă în cantități foarte mari fosforul, care devine astfel factor limitativ.

Compușii azotului pot deveni toxici pentru organismele acvatice atunci când cantitățile cresc foarte mult. Deosebit de toxici devin în apa potabilă care conține cantități foarte mari de nitriți, în special pentru copiii sub 6 luni, determinând formarea methemoglobinei și moartea acestora. Aceste situații sunt frecvente în cazul deversării apelor uzate agricole, menajere sau industriale care ajung în pînza de apă freatică și apar în apa potabilă (mai ales în cea din puțuri de adîncime).

Pe lângă formele anorganice de azot, în apele de suprafață se găsesc în permanență și combinații organice cu azot, fie sub formă coloidală, fie molecule de aminoacizi, polipeptide, uree, hidroxialmină, rezultate din activitatea metabolică a organismelor acvatice sau după moartea acestora din procesele de putrefacție.

## Fosforul

Fosforul este element esențial pentru viața tuturor organismelor, intervenind în procesele energetice care au loc în celule, fiind legătura structurală în materialul genetic (ADN și ARN) și elementul component al fosfolipidelor din membranele pereților celulari, ca și în structura oaselor, dinților și a altor învelișuri calcaroase ale animalelor (mai ales sub formă de fosfat de calciu). Este principalul factor limitativ al producției și productivității primare ale ecosistemelor. Sursele de fosfor, ca și de azot, pentru apele continentale sunt: substratul ecosistemelor acvatice și bazinele de drenaj, de unde fosforul ajunge în apa râurilor, lacurilor, bălților, mlaștinilor, circuitul general bio-geo-chimic (mineralizarea materiei organice) inclusiv procesele de secreții, excreții, liză celulară, dar și apele uzate agricole, menajere, industriale etc. În bazinele acvatice continentale, fosforul se prezintă atât sub formă minerală ( $\text{CaPO}_4$ ) cât și sub formă organică (de particule sau fosfor organic dizolvat). Cantitatea de fosfor din apă este condiționată de cantitatea acestuia în substrat (uneori rocile pot conține până la 7% fosfor și se exploatează pentru utilizarea fosfaților ca îngrășământ), de cantitățile de substanțe organice (care se vor mineraliza), de temperatură și de intensitatea activității bacteriene care realizează mineralizarea materiei organice.

În concentrații mari devine toxic pentru organismele din apă. Are un ciclu care se desfășoară rapid (nu are compuși gazoși) în apele naturale, găsindu-se prin urmare în concentrații mici de ordinul sutimilor de mg/L. Timpul de desfășurare al circuitului fosforului în ecosistemele acvatice naturale este de ordinul minutelor, orelor sau cel mult zilelor în apele de suprafață (Horne și Goldman, 1994). Cantitățile de fosfor pot crește în straturile mai adânci ale apei unde se acumulează și precipită la nivelul particulelor, comparativ cu cele superioare unde este consumat rapid de producătorii primari. Ciclul fosforului are caracteristica de a se desfășura esențial într-un singur sens, de pe uscat antrenat în apele de suprafață și din apele uzate spre mări și oceane, reciclarea fosforului avînd loc în interiorul bazinelor acvatice (fig. 2.4.).

Nivelul de troficitate al apelor (fertilitatea) se apreciază după cantitatea de compuși cu azot și fosfor precum și după raportul N/P în apă și în corpul organismelor. Acest raport se menține în ecosistemele acvatice naturale între limite constante, specifice pentru diverse tipuri de ecosisteme. În organismele acvatice, în mod normal valoarea raportului N/P este de 7/1 ca greutate azot și fosfor sau de 16/1 ca și elemente azot sau fosfor, epuizarea fosforului în multe ecosisteme acvatice cu apă dulce echivalînd cu valori ridicate de azotați, uneori mai mari de 100  $\mu\text{g/L}$ . În general, dacă raportul N/P din apă este mai mare de 10 ca greutate, se consideră că fosforul este factor limitativ pentru creșterea producătorilor primari, iar dacă N/P este mai mic decît 10, azotul este factor limitativ. Modificarea acestui raport constituie un indice de alterare, de modificare a circuitului general al celor două elemente. Aceste modificări determinate de creșteri ale cantității de compuși cu N și P, cunoscute sub denumirea de eutrofizarea apelor au drept cauze mai ales cele de natură antropică, deversări de ape uzate, spălarea îngrășămintelor de pe terenurile agricole, eroziunea solurilor în urma defrișărilor etc.

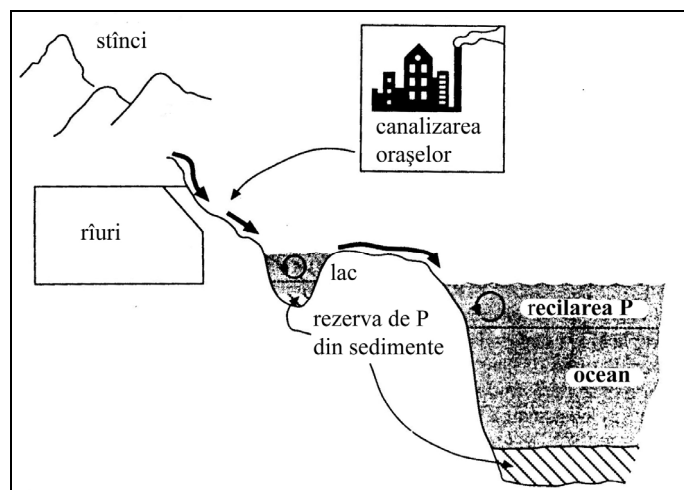


Fig. 2.4. Circuitul fosforului (P) în natură (după Horne și Goldman, 1994)

### Gazele dizolvate în apă

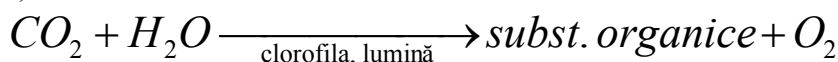
Gazele din apă se referă la elemente sau substanțe chimice care în mod obișnuit se prezintă în natură sub formă gazoasă și care sunt prezente și în apă, unde se dizolvă. La interfața apă-aer are loc un permanent schimb de gaze, din atmosferă în apă și invers, conform legilor fizicii. Mai exact este vorba despre legea lui Henry (Pricope, 2007), conform căreia concentrația unui gaz într-o soluție este proporțională cu presiunea la care se găsește gazul respectiv în momentul când vine în contact cu soluția și cu gradul de solubilizare sau de dizolvare al gazului la o anumită temperatură:  $C = P \cdot K_t$ , unde:  $C$  = concentrația gazului în apă (mg/L);  $P$  = presiunea parțială a gazului;  $K$  = coeficientul de dizolvare al gazului la temperatura  $t$ .

Principalii factori care determină concentrația gazelor în apă sunt: presiunea atmosferică, gradul de dizolvare în apă, temperatura și salinitatea. Gazele care în mod frecvent pot trece în apă sau din apă în atmosferă sunt: oxigenul, dioxidul de carbon, hidrogenul sulfurat și metanul.

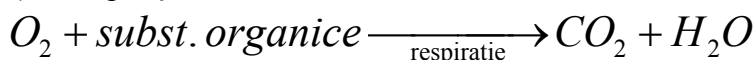
### Oxigenul

Element indispensabil organismelor aerobe, terestre și acvatice, deci are o semnificație ecologică deosebită. Sursele oxigenului dizolvat sunt: atmosfera, fotosinteza plantelor și algelor și reducerea oxizilor. Principalele reacții în care este implicat oxigenul în apă, pe lângă cele de oxido-reducere amintite sunt:

1) în fotosinteză:



2) în respirație:



În general, în mediul acvatic există un echilibru între cantitatea de oxigen rezultat din fotosinteză și oxigenul consumat în respirație, în timpul zilei. Noaptea consumul de oxigen în respirație este foarte mare.

Factorii care influențează cantitatea de oxigen din apă sunt: temperatura, salinitatea apei, mișcările apei, presiunea atmosferică, prezența substanțelor reducătoare sau a unor cantități mari de materie organică care reduc cantitatea de oxigen, respirația și fotosinteza.

Cantitatea de oxigen dizolvat se exprimă în mL/L și mg/L sau % (grad de saturație).

Există mai multe tipuri de organisme în funcție de consumul de oxigen:

- aerobe – se dezvoltă numai în prezența oxigenului;
- anaerobe – se dezvoltă în lipsa oxigenului (bacterii);
- microaerofile – se dezvoltă la cantități reduse de oxigen (levuri, drojdii);
- facultativ-aerobe – se dezvoltă atât în prezența cât și în lipsa oxigenului (levuri).

În mediul acvatic poate apărea fenomenul de hipo- și chiar anoxie, în special în apele stătătoare, iar în cele curgătoare în momentul apariției podului de gheață. În lacuri, alături de termoclină – curba modificării temperaturii de la suprafață spre adâncime, există și o oxiclină – distribuția oxigenului cu foarte multe variații datorită distribuției și migrației algelor pe verticală. În timpul verii, ziua, în cazul „înfloririi” apelor, în fazele incipiente, fotosinteza intensă determină cantități mari de oxigen – ducând la suprasaturație și uneori degajare de oxigen. Saturația în oxigen se exprimă procentual și se calculează după formula:

$$S (\%) = \frac{C}{C_0} * 100, \text{ unde } S = \text{saturația oxigenului în procente; } C = \text{concentrația oxigenului}$$

dizolvat în momentul prelevării probei;  $C_0$  = concentrația la saturație în oxigen la temperatura din momentul colectării.

În timpul nopții consumul mare de oxigen ca și activitatea bacteriilor poate determina hipoxie sau chiar anoxie (oxigenul scade sub 1 mg/L). În râuri cantitatea de oxigen scade de la izvor spre vărsare datorită modificării temperaturii, vitezei de curgere dar și acumulării de materie organică, ca și poluării cu substanțe organice.

În zona de maree, cu variații mari ale cantității de oxigen între flux și reflux, există o serie de adaptări ale organismelor:

- organismele devin anaerobe sau facultativ aerobe;
- organismele își reduc nivelul respirației și al metabolismului;
- organismele prezintă adaptări pentru depozitarea oxigenului în aerenchime la macrofite și algele de dimnesiuni mari sau în clopote de scufundare la unii păianjeni formate din fire de mătase ancorate de plante acvaticе.

Alte adaptări ale organismelor acvatice pentru a realiza un bilanț energetic pozitiv:

- prezența rădăcinilor aeriene pentru depozitarea oxigenului;
- prezența de camere sau compartimente cu aer;
- prezența apendicilor pentru ventilarea habitatelor;
- mișcarea spre zone mai bogate în oxigen;
- prezența dublei respirații: branhială – cutanată, pulmonară-cutanată;
- diferențierea aparatului circulator, atât la nivelul aparatului circulator propriu-zis cât și al pigmentilor;
- diferențierea enzimelor care sunt active și în condiții de hipoxie;
- căi metabolice de glicoliză anaerobă etc.

### ***Dioxidul de carbon***

Semnificația ecologică este determinată de utilizarea dioxidului de carbon în fotosinteza plantelor și algelor. Prin reacțiile în care este implicat, se constituie în sistemul tampon care determină modificarea pH-ului apei, aciditatea și alcalinitatea acesteia; foarte rar, în apele naturale hidroxizii determină alcalinitatea apei, în special a apelor dulci.

Sursele de dioxid de carbon pentru mediul acvatic sunt următoarele: respirația organismelor acvatice; descompunerea aerobă și anaerobă a materiei organice; reacțiile de dehidrogenare a carbonaților-bicarbonaților; atmosfera - de unde apa absoarbe dioxid de carbon ajungând până la 0,22 – 0,5 mL/L; ape uzate și ploii acide.

Factorii care determină cantitatea de dioxid de carbon din apă sunt: fotosinteza – în care se consumă dioxid de carbon; respirația – din care rezultă dioxid de carbon; temperatura – creșterea temperaturii reduce solubilitatea dioxidului de carbon în apă; salinitatea – creșterea salinității reduce solubilitatea dioxidului de carbon în apă; procesele de descompunere aerobă și anaerobă din care rezultă dioxid de carbon; apele uzate și ploile acide.

Dioxidul de carbon intră în reacție cu apa, rezultând  $\text{H}_2\text{CO}_3$ , acid slab, disociind foarte ușor în funcție de temperatură și valorile pH-ului, în această reacție intervenind și Ca (fig. 2.5.).

Între formele moleculare  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ ,  $\text{CaCO}_3$  și cele disociate:  $2\text{H}^+$ ,  $\text{CO}_3^{2-}$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{Ca}^{2+}$  există un echilibru relativ. În proporții relativ egale se vorbește de pH neutru. La pH mai mare de 4, domină  $\text{CO}_2$  și  $\text{H}_2\text{CO}_3$ . La pH mai mare de 8,5 domină  $\text{CO}_3^{2-}$ , iar la pH cuprins între 6,5 și 8,5 domină  $\text{HCO}_3^-$  (fig. 2.6.).

Cantitatea de dioxid de carbon din apă variază foarte mult între zi și noapte în funcție de intensitatea proceselor de fotosinteză și respirație. În timpul zilei când crește consumul de dioxid de carbon în fotosinteză pH-ul crește foarte mult, până la 9-10 în straturile superficiale ale apei. Noaptea, datorită excesului de dioxid de carbon ( $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} = \text{H}_2\text{CO}_3$ ), pH-ul scade până la valori acide sau ușor acide.

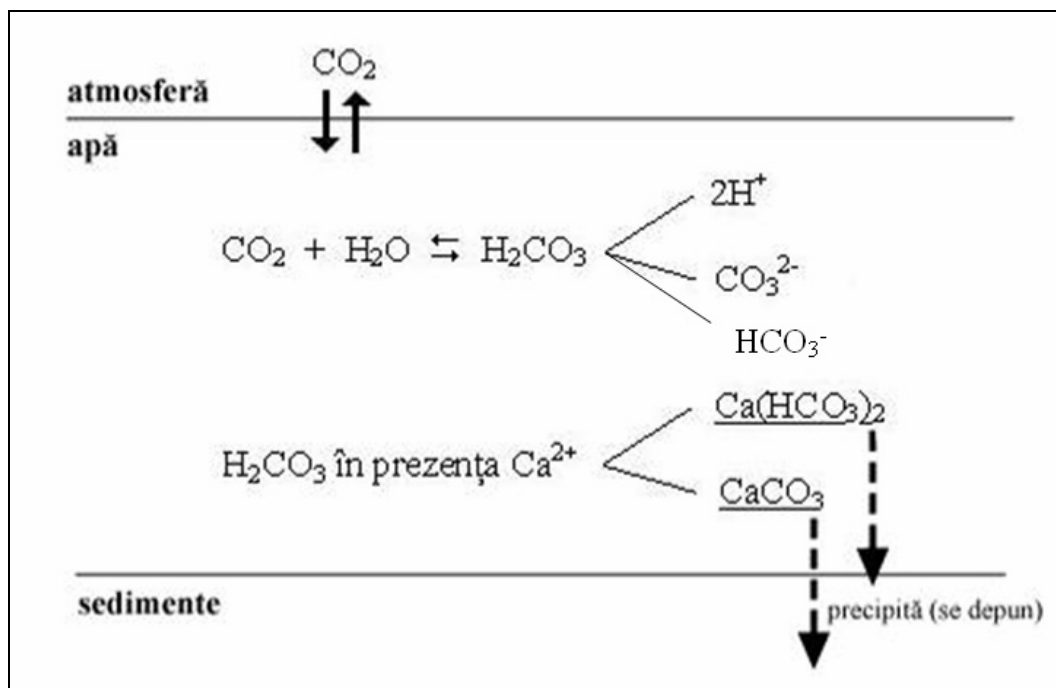


Fig. 2.5. Reacțiile dioxidului de carbon în apă, aer, sedimente

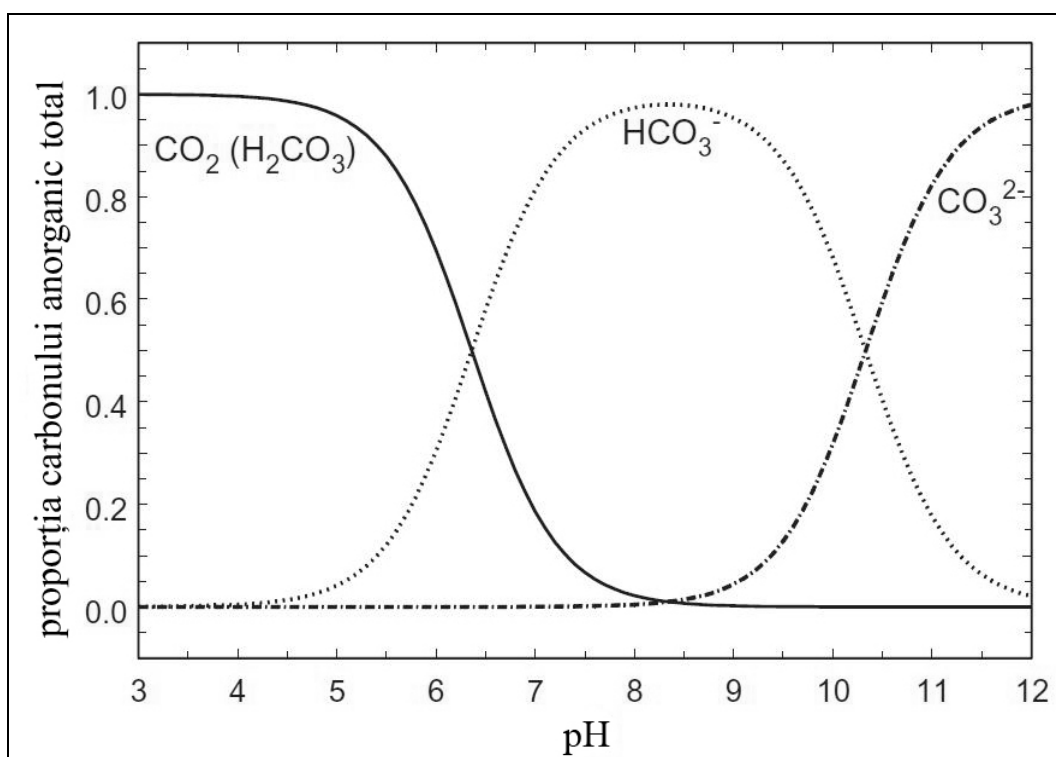


Fig. 2.6. Relația dintre formele de dioxid de carbon și pH-ul apei (din Dodds, 2002)

Reacții în care este implicat dioxidul de carbon și sărurile de calciu pot avea loc în apă și ca simple reacții chimice în funcție de temperatura și pH-ul apei. Carbonații și bicarbonații se depun fie pe elementele din substrat, fie sunt folosiți de plante și alge la impregnarea pereților celulari și sinteza unor exoschelete calcaroase. Dioxidul de carbon liber poate contribui într-o oarecare măsură mai ales când există în exces la dizolvarea cimentului și betonului din ziduri, baraje sau piloni de poduri.

În cantități mari devine toxic pentru organismele acvatice, concentrații mai mari de 10 mg/L au acțiune letală asupra peștilor dulcicoli (Nicoară și Ureche, 2008).

### **Hidrogenul sulfurat**

Semnificația ecologică a hidrogenului sulfurat rezidă din faptul că este toxic pentru majoritatea organismelor acvatice, dozele letale fiind foarte mici. Se recunoaște ușor prin mirosul de ouă stricate, miros ce poate fi detectat mult înainte de a se ajunge la limita toxică.

Sursele de hidrogen sulfurat sunt: descompunerea anaerobă a materiei organice mai ales a celei de origine animală, sursă dominantă în apele dulci; reacțiile de reducere a sulfaților, sursă dominantă în apele sărate; apele uzate.

Reacțiile sulf-reducătoare sub acțiunea bacteriilor (*Desulfovibrio*) prin care sulfații sunt reduși la  $H_2S$ , domină în proporție de 99% în Marea Neagră sursele de  $H_2S$  și doar 1% din  $H_2S$  provine din descompunerea materiei organice sub acțiunea bacteriilor din genul *Clostridium*.

Există organisme care suportă cantități mari de  $H_2S$ : cianobacterii (*Oscillatoria coerulens*, *O. putrida*), rotifere (*Brachionus palla*), crustacee (*Cyclops strenuus*), polichete (*Nereis diversicolor* – care suportă concentrații de 20 mg/L  $H_2S$ ).

Fiind un element reducător, se poate reduce în apă, fie catalizat de bacteriile sulfoxidante utilizând oxigenul din molecula de apă (anoxie), fie prin oxidare fotochimică, în urma unei reacții chimice de oxidare în prezența oxigenului.

### **Metanul sau gazul de baltă**

Semnificația ecologică a metanului rezidă din faptul că este un gaz toxic pentru majoritatea organismelor acvatice, prezența lui în apă datorându-se acumulării unei cantități mari de materie organică de origine vegetală în prezența unor cantități foarte mici de oxigen.

Se formează în bălți și mlaștini în urma descompunerii celulozei din macrofitele moarte sub acțiunea metanbacteriilor. În cantități mari se poate aprinde, focurile spontane care apar deasupra zonelor mlaștinoase au această cauză. Se poate oxida atât prin reacții fotochimice în prezența oxigenului cât și mediat de bacterii în apă.

### **Substanțele organice dizolvate în apă**

Fac parte din cele 3 grupe mari: glucide, lipide și proteine, alături de compuși intermediari ai acestora. Se găsesc în apă sub forma dizolvată (MOD) care reprezintă până la 90 - 98% din cantitatea totală de substanță organică conținută de apă. Alături de aceasta, substanța organică din apă se poate prezenta sub formă de particule (MOP) sau sub formă coloidală.

Sursele substanțelor organice dizolvate în apă sunt următoarele: autohtone (activitatea metabolică a organismelor din apă prin excreții sau secreții, sau corpul organismelor acvatice moarte) și alohtone (organisme, resturi de organisme moarte, antrenate de apele de șiroire din bazinul de drenaj și din apele uzate cu conținut ridicat de materie organică).

Substanțele organice dizolvate (aminoacizi, vitamine, monozaharide, acizi grași) pot fi consumate atât de către bacterii, care le consumă în cantități mari, cât și de unele protozoare, rotifere chiar viermi, crustacee și bivalve, chiar de către unele alge din categoria mixotrofelor sau heterotrofelor.

Materia organică dizolvată absoarbe în cantitate mare radiațiile UV care ajung în apă, atenuând efectul acestora asupra bazinelor acvatice. Unele dintre substanțele ectocrine produse de organismele acvatice pot avea rol stimulator sau inhibitor asupra metabolismului unor specii din biocenoză.

Ca parametri prin care se estimează cantitatea de materie organică din apă, menționăm consumul biochimic de oxigen (CBO5) sau “cererea biologică de oxigen”, adică oxigenul folosit de grupul de descompunători aerobi pentru a descompune materia organică dintr-un volum dat de apă după 5 zile de incubare la 20°C.

Creșterea cantității de materie organică din apă are drept rezultat creșterea cererii de oxigen pentru descompunerea de către organismele aerobe și se ajunge la anoxie. Se calculează astfel consumul chimic de oxigen, adică cel utilizat de diverse substanțe reducătoare care pot apărea în apă (hidrogen sulfurat, sulf, metan, amoniac) pentru a se oxida. În funcție de tipul de substanță oxidantă utilizată pentru determinarea caracterului reducător al apei, analiza poate fi denumită

CCO–Mn, cînd se utilizează  $\text{KMnO}_4$  sau CCO–Cr cînd se utilizează  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ , ambele reacții desfășurate în mediu acid dau gradul de oxidabilitate apreciat în ppm (părți per milion) (pentru apă potabilă consumul mediu admis sau CMA = 10 - 12 ppm iar pentru apele de suprafață între 10 și 125 ppm).

Descompunerea anaerobă a materiei organice în exces din apă datorită cantității reduse de oxigen sau lipsei acestuia imprimă apei gusturi și mirosuri neplăcute, aceste ape fiind considerate putrescibile. Apele bogate în oxigen, care asigură descompunerea aerobă a materiei organice sunt considerate ape stabile, cu echilibru stabil.

### **Substanțe radioactive**

În ecosistemele acvatice naturale pot fi prezente și elemente sau substanțe radioactive: uraniu, toriu, radu, stronțiu, potasiu radioactiv etc., provenite din substrat sau din apele uzate de la centralele atomo-electrice, centre de cercetări pe probleme nucleare, ape de mină etc. Acestea pot influența structura comunităților acvatice, cu efecte devastatoare în cazul unor accidente determinate de factori antropici sau naturali.

### **Particularitățile substratului**

Substratul, prin natura sa, prin elementele componente, de natură minerală sau organică are rol hotărîtor în determinarea proprietăților fizico-chimice ale apei. În cercetările de limnologie are importanță deosebită studiul granulometriei, care oferă informații legate de mărimea elementelor minerale și raportul dintre elementele de diferite dimensiuni existente, de exemplu în albia râurilor. Această structură va determina structura calitativă și cantitativă a comunităților de organisme acvatice.

Natura substratului bazinelor acvatice, tipul elementelor componente sunt rezultatul interacțiunii factorilor fizico-chimici cu cei biotici. Organismele contribuie la acumularea de turbe și nămoluri la nivelul substratului sau la formarea detritusului care este format din totalitatea particulelor de natură organică (vii sau moarte) sau minerală care se sedimentează și se depun la nivelul substratului, constituind sursa de hrană pentru organismele detritivore.

În raport cu natura substratului, organismele pot fi: epi- sau endolitice; epi- sau endopelice; epi- sau endopsamice, epifite, epizoe.



### 3. Comunități de organisme acvatice

Factorii de mediu care acționează asupra organismelor acvatice, abiotici (fizici și chimici) și cei biotici au o acțiune simultană, determinând răspunsul acestora față de această acțiune. Acest răspuns poate fi adaptarea organismelor la modificările acțiunii factorilor de mediu, atunci când acționează în regim comandat sau moartea unora dintre organisme, când acțiunea este întâmplătoare, frecvent cu valori extreme.

Adaptarea organismelor la modificarea factorilor de mediu se face între anumite limite, foarte largi pentru organismele euribionte (euribioză) și foarte înguste pentru cele stenobionte (stenobioză). Speciile din grupul stenobiontelor sunt considerate valoroși indicatori ai calității apei, bioindicatori utilizați în conformitate cu legislația actuală pentru stabilirea stării ecologice a bazinelor acvatice (Ciubuc, 2009; Momeu și Péterfi, 2009, Schneider, 2009; Surugiu, 2009). Acest lucru este valabil pentru toți parametrii fizici și chimici ai apei; organismele fiind stenoterme sau euriterme față de temperatura apei, stenobate sau euribate față de presiunea hidrostatică a apei, stenoionice sau eurionice față de pH-ul apei, stenohaline sau eurihaline față de salinitatea apei etc. Sunt utilizați o serie de alți termeni pentru a desemna calitatea și cantitatea unui anumit factor de mediu: acidobiont, acidofil, alcalibiont, alcalifil sau oligotrof, mezotrof, eutrof sau oligohalob, mezohalob, euhalob etc.

#### Originea organismelor acvatice

Dovezile paleontologice confirmă ipoteza conform căreia primele forme de viață au apărut în mediul acvatic, estimându-se că peste 75% dintre grupele sistematice de organisme actuale au origine acvatică și doar 25% una terestră. Dintre cele acvatice, majoritatea sunt de origine marină (69%), cele apărute în mediul acvatic dulcicol reprezentând doar 6%.

Principala trăsătură care diferențiază organismele terestre de cele acvatice se referă la producătorii primari care sunt reprezentați în mediul acvatic majoritar de alge, care au cicluri de viață rapide și metabolism foarte intens. Acest lucru asociat și cu gradul mare de disponibilitate al algelor care pot fi metabolizate și asimilate aproape complet de către erbivore, determină proporția diferită între zoomasa și fitomasa din ecosistemele acvatice față de cele terestre. Astfel, zoomasa oceanului planetar este de 19 ori mai mare decât fitomasa, comparativ cu ecosistemele terestre unde fitomasa este de 100 de ori mai mare decât zoomasa. Diferențe semnificative între mediul acvatic și cel terestru sunt determinate și de gradul de reprezentativitate al grupelor de organisme, în apă trăiesc numeroase organisme care nu au reprezentanți în mediul terestru. Comparând, din acest punct de vedere, ecosistemele marine cu cele acvatice continentale, se constată că în mări și oceane trăiesc mult mai multe grupe de organisme decât în apele continentale, iar dintre cele comune unele au o contribuție disproporționată. Astfel, dintre organismele aparținând grupului Porifera cu aproximativ 4500 specii cunoscute, doar 150 trăiesc și în ape dulci, dintre algele brune și roșii, un număr foarte redus se dezvoltă și în apele dulci continentale etc. Se cunosc puține grupe de animale acvatice care au apărut în apele dulci, așa cum sunt rotiferele sau cladocerele, majoritatea provin din elemente de origine marină și terestră care au migrat în apele dulci.

Dovezile oferite de paleontologie și paleolimnologie confirmă faptul că trecerea organismelor din apele marine în cele dulci și invers este o adaptare secundară. Acest proces are la bază restructurarea totală a structurii și funcțiilor organismelor implicate. Migrațiile unor specii de animale din mediul marin în cel dulcicol sau invers pentru reproducere confirmă aceste procese de trecere din mări și oceane în apele dulci continentale sau invers.

Cercetările privind originea și vechimea organismelor acvatice aduc indicii valoroase referitoare la vechimea și evoluția în timp a diferitelor bazine acvatice. Animalele care populează apele dulci, conform acestor dovezi își au originea în era terțiară, când, după șirul de glaciațiuni, s-au conturat și stabilizat arealele noilor specii și varietăți apărute. După Bănărescu (1998) se pare că regiunile zoogeografice general acceptate nu se potrivesc și pentru fauna din ecosistemele acvatice dulcicole.

### **Biotopuri și biocenoze ale ecosistemelor acvatice:**

Biotopurile caracteristice bazinelor acvatice marine sau continentale sunt: pelagialul, reprezentat de condițiile oferite de masa apei și bentalul, reprezentat de condițiile de la nivelul substratului, ale elementelor componente ale acestuia (stânci, bolovani, pietriș, mîl, plante, animale sau resturi ale acestora).

Biocenozele sau comunitățile de organisme care se dezvoltă în cele două biotopuri sunt: pelagosul care este asociat masei apei și bentosul, asociat elementelor din substrat. Între cele două comunități de bază nu există limite foarte stricte datorită în primul rînd originii și evoluției speciilor sau unor adaptări necesare supraviețuirii în condiții nefavorabile. Pelagosul, ca o comunitate complex structurată de organisme asociate masei de apă, cuprinde următoarele componente (sau asociații de organisme acvatice): planctonul, neustonul, pleustonul și nectonul. Bentosul are două subdiviziuni: epibentosul și endobentosul.

## **3.1. Plancton**

Planctonul este o comunitate complexă de organisme acvatice, în general de dimensiuni mici, frecvent microscopice, care trăiesc în masa apei, fără a veni în contact cu substratul, unde se mențin în stare de plutire liberă, mai mult sau mai puțin pasivă, pe întreg ciclul de viață (excepțind stadiile de latență și hibernare) sau numai în anumite etape ale ciclului lor de viață. Hensen, în 1887 introduce noțiunea de plancton (*planktos* gr. = hoinar), referindu-se la tot ceea ce plutește; Kolkwitz la începutul secolului trecut formulează prima definiție a planctonului; Savilov în 1958 consideră că din plancton face parte și comunitatea care se dezvoltă pe pelicula de la interfața apă-aer datorită tensiunii superficiale a apei (neustonul).

**Criteriile de clasificare** ale organismelor planctonice sunt următoarele:

#### ***1 – după rolul funcțional sau structura trofică:***

- fitoplancton;
- zooplancton;
- bacterioplancton.

#### ***2 – după durata de existență în masa apei:***

- euplancton sau holoplancton – organisme care trăiesc exclusiv și permanent în masa apei, excepțind formele de latență sau hibernare;
- meroplancton – organisme care se dezvoltă numai temporar în anumite etape ale ciclului lor de viață în plancton (exemplu: specii de animale bentonice dar cu ouă și larve planctonice sau specii terestre cu larve planctonice etc.).

#### ***3 – după tipul de ecosistem:***

- limnoplancton: planctonul specific apelor stătătoare continentale cu următoarele subdiviziuni:
  - a) (eu)limnoplancton – specific lacurilor;
  - b) heleoplancton – specific iazurilor, eleșteelor;
  - c) telmatoplancton – specific mlaștinilor;
- potamoplancton: planctonul specific apelor curgătoare;
- plancton oceanic: în zona pelagială a mărilor și oceanelor cu două subdiviziuni:
  - a) plancton neritic localizat în masa apei de deasupra platformei continentale;
  - b) planctonul oceanic propriu-zis.

#### ***4 – după dimensiunile organismelor:***

- picoplancton – cu dimensiuni pînă la 1 μm: bacterii și virusuri;
- ultraplancton – cu dimensiuni cuprinse între 1 și 5 μm: bacterii și alge flagelate de dimensiuni foarte mici (alge verzi, crizoficee, criptoficee etc.);

- nanoplancton – cu dimensiuni cuprinse între 5 și 10 μm: alge din grupul diatomeelor, coccolitoforideelor, dinofitelor dar și ciliate, rotifere, crustacee mici, larve de insecte;
- microplancton – cu dimensiuni cuprinse între 50 μm și 1 mm: forme mari de diatomee, dinofite, crustacee și foarte multe forme meroplanctonice;
- mezoplancton – cu dimensiuni cuprinse între 1 și 5 mm: alge filamentoase, foarte multe animale din grupul copepodelor, cladocere, forme meroplanctonice;

Următoarele două tipuri de organisme zooplanctonice cuprind forme exclusiv marine:

- macroplanctonul – cu dimensiuni cuprinse între 5 mm și 5 cm: unele polichete, hidromeduze, forme meroplanctonice ale moluștelor etc.;
- megaplanctonul – cu dimensiuni mai mari de 5 cm, până la 1 m, sifonofore și salpe coloniale (după unii autori unele dintre acestea s-ar încadra mai bine la necton).

**Plutirea în masa apei sau flotația** este procesul prin care organismele acvatice reușesc să se scufunde în masa apei cu o viteză minimă. Acest lucru este posibil datorită unor adaptări morfologice, fiziologice, biochimice și comportamentale. Conform legilor fizicii, plutirea sau flotația este condiționată pe de o parte de greutatea și suprafața de plutire a organismelor iar pe de altă parte de vâscozitatea apei, după formula:

$$\frac{1}{f} = \frac{Gr}{v s_p}, \text{ unde: } f = \text{flotația}; Gr = \text{greutatea restantă, adică diferența dintre greutatea}$$

organismului și greutatea volumului de apă dislocuit;  $v$  = vâscozitatea apei;  $s_p$  = suprafața portantă adică acea suprafață a organismului care determină frecarea cu apa.

### **Adaptări ale organismelor planctonice**

Adaptările sau strategiile adaptative câștigate de organismele planctonice au mers pe linia reducerii greutății restante și a creșterii suprafeței de plutire (a măririi suprafeței portante), în scopul asigurării plutirii în masa apei sau a flotației și a mișcărilor cu consum energetic cât mai mic, în cazul celor care au organe de locomoție în masa apei (cili, flageli, apendici specializați).

**Reducerea greutății restante** a organismelor acvatice se realizează prin următoarele adaptări:

- reducerea gradului de mineralizare a endo- sau exoscheletelor (diatomee, coccolitoforidee, radiolari, foraminifere etc.);
- acumularea unor produși de natură lipidică (substanțe de rezervă);
- prezența unor incluziuni gazoase: vacuole gazoase intracelulare la bacterii și cianobacterii, cavități cu aer și alte formațiuni cu rol de plutire;
- creșterea cantității de apă din celule sau organisme până la apropierea densității corpului de cea a mediului (la unele hidromeduze ctenofore, sifonofore conținutul în apă ajunge până la 99% din greutatea lor);
- înlăturarea din protoplasmă și țesuturi a produșilor metabolici cu greutate moleculară mare ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ) și acumularea unora cu greutate moleculară foarte scăzută;
- secreția de capsule mucilaginoase foarte abundente (la multe specii planctonice de alge: *Chlorococcum*, *Haematococcus*, *Chrysosphaera* etc.)

**Mărirea suprafeței portante** este mai pregnantă la alge decât la zooplancton. În paralel cu mărirea suprafeței de plutire (portanță = forța care asigură susținerea unui corp aflat în mișcare care se scufundă într-un fluid) se realizează și mărirea suprafeței de absorbție a substanțelor chimice dizolvate în apă.

**1. Adaptări privind forma corpului** astfel ca să fie corpul cel mai potrivit pentru flotație: sfera/forma globuloasă și bastonașul sunt cele mai frecvent întâlnite la organismele planctonice, simple sau asociate pentru a mări și mai mult suprafața de plutire:

- sfere solitare: *Chlorella*, *Chlamydomonas*, *Haematococcus*, *Asterococcus*, *Trachelomonas* (fig. 3.1.);
- mai multe celule mai mult sau mai puțin sferice, care formează colonii globuloase: *Volvox*, *Eudorina*, *Pandorina*, *Chrysosphaerella*, *Coelosphaerium* (fig. 3.1.);

- formă de bastonaș simplu: *Fragilaria acus*, specii de *Oscillatoria*, *Euglena*, *Closteriopsis*; bastonașe așezate în stea: *Asterionella* sau care formează panglici: *Fragilaria crotonensis* (fig. 3.2. și 3.3.) sau forme dispuse în zig-zag: specii de *Fragilaria*, *Tabellaria*;
- forme turtite, aplatizate: *Gonium*, *Planctoniella*;
- apariția prelungirilor care măresc și mai mult suprafața de plutire: *Atheia*, *Rhizosolenia*, *Ceratium* (fig. 3.4. A).

2. Micșorarea taliei organismului, ceea ce determină modificarea raportului suprafață / volum (suprafața cât mai mare la volum cât mai mic), în scopul măririi suprafeței de plutire. La alge ciclurile de înmulțire sunt rapide, în special în cazul înmulțirii vegetative, diviziunile succedându-se ca și la bacterii.

Aceste adaptări se întâlnesc atât la alge cât și la animalele planctonice, fenomen cunoscut sub denumirea de convergența caracterelor. Astfel, larvele planctonice ale unor insecte au frecvent formă de bastonaș, formînd ceea ce se cunoaște sub denumirea de stiloplancton.

Polimorfismul sezonier sau ciclomorfozele, adică modificarea ciclică a formei corpului, are drept scop adaptări ale formei corpului la modificările temperaturii și deci ale densității apei în scopul plutirii în masa apei. Se cunoaște atât la alge: *Ceratium* (fig. 3.4. A) cât și la animale: specii de *Daphnia* (fig. 3.4. B). Se pare că se poate vorbi și de chemomorfoze, anumite substanțe eliminate de speciile prădătoare determinînd modificări ale formei corpului prăzii prin mărirea prelungirilor, a țepilor, în scopul protecției față de prădători.

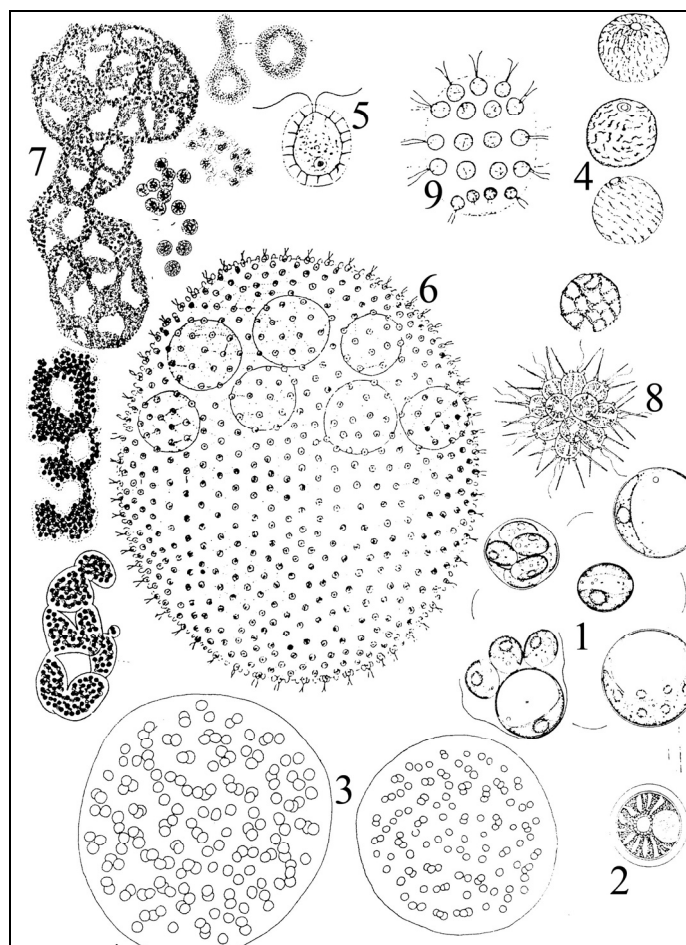


Fig. 3.1. Alge planctonice (1 – *Chlorella*; 2 – *Asterococcus*; 3 – *Coelosphaerium*; 4 – *Trachelomonas*; 5 – *Haematococcus*; 6 – *Volvox*; 7 – *Microcystis*; 8 – *Chrysosphaerella*; 9 – *Eudorina*) (din Huber-Pestalozzi, 1955; Ettl, 1983; Komárek și Fott, 1983; Starmach, 1985; Ettl și Gärtner, 1988; Komárek și Anagnostidis, 1998; 2005)

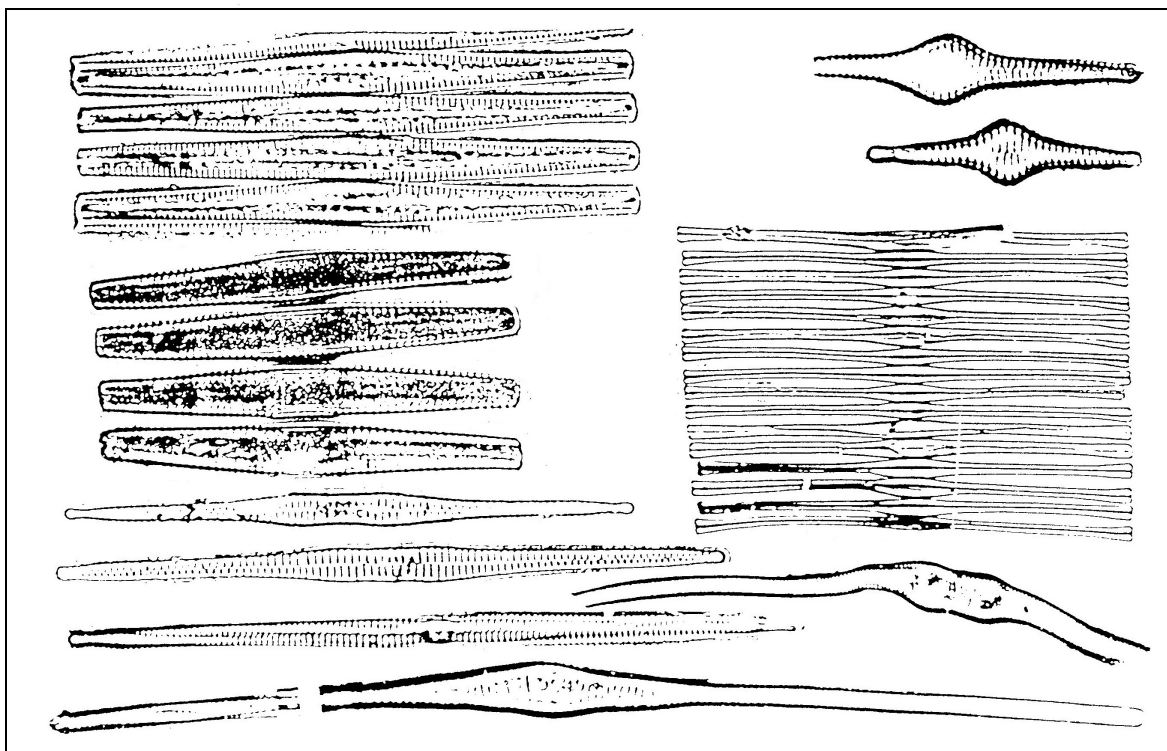


Fig. 3.2. Alge planctonice (*Fragilaria crotonensis*)(din Krammer și Lange-Bertalot, 1991)

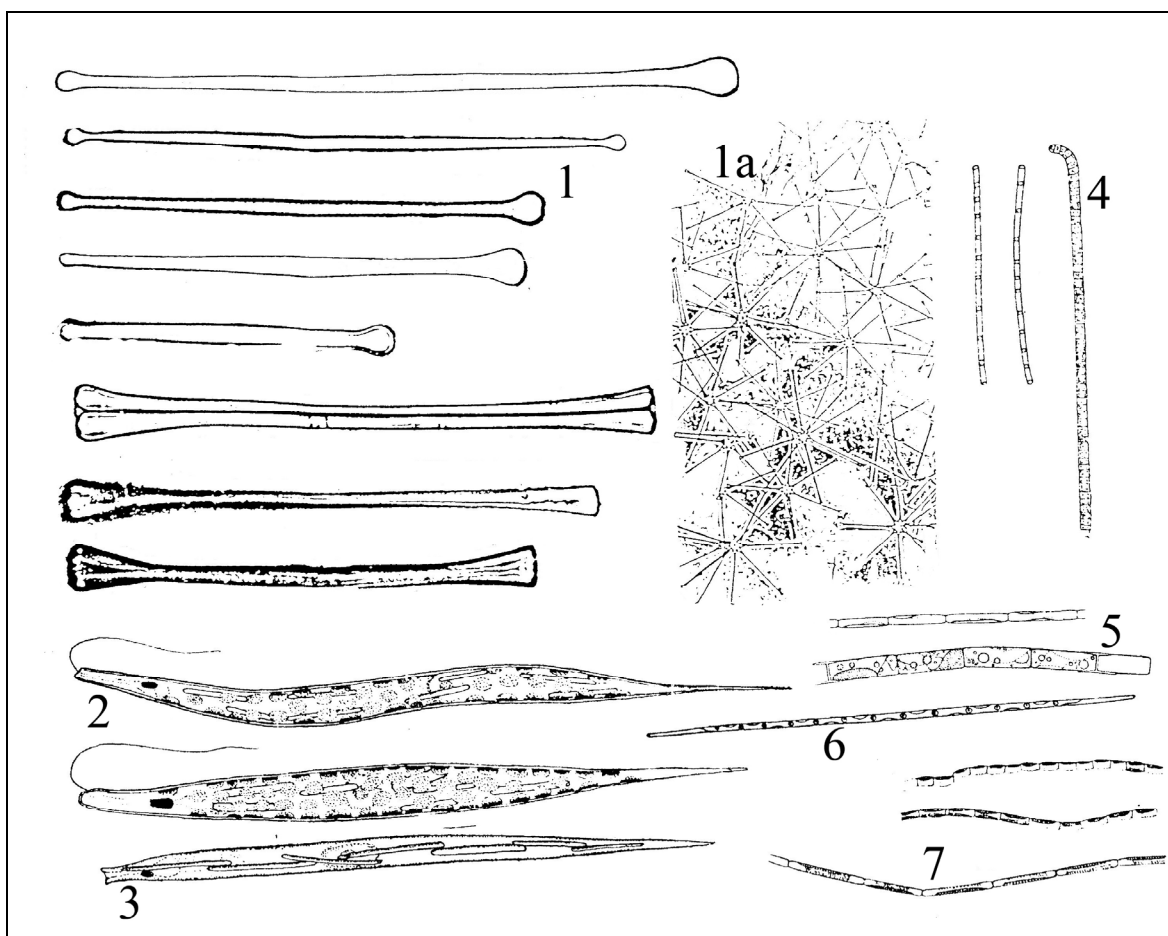


Fig. 3.3. Alge planctonice (1 – *Asterionella*; 1a – dispunerea în formă de stea a algei *Asterionella*; 2 – *Euglena*; 3 – *Cyclidiopsis*; 4 – *Oscillatoria*; 5 – *Tribonema*; 6 – *Closteriopsis*; 7 – *Gloeotila*) (din Huber-Pestalozzi, 1955; Ettl, 1978; Komárek și Fott, 1983; Krammer și Lange-Bertalot, 1991; Komárek și Anagnostidis, 2005;)

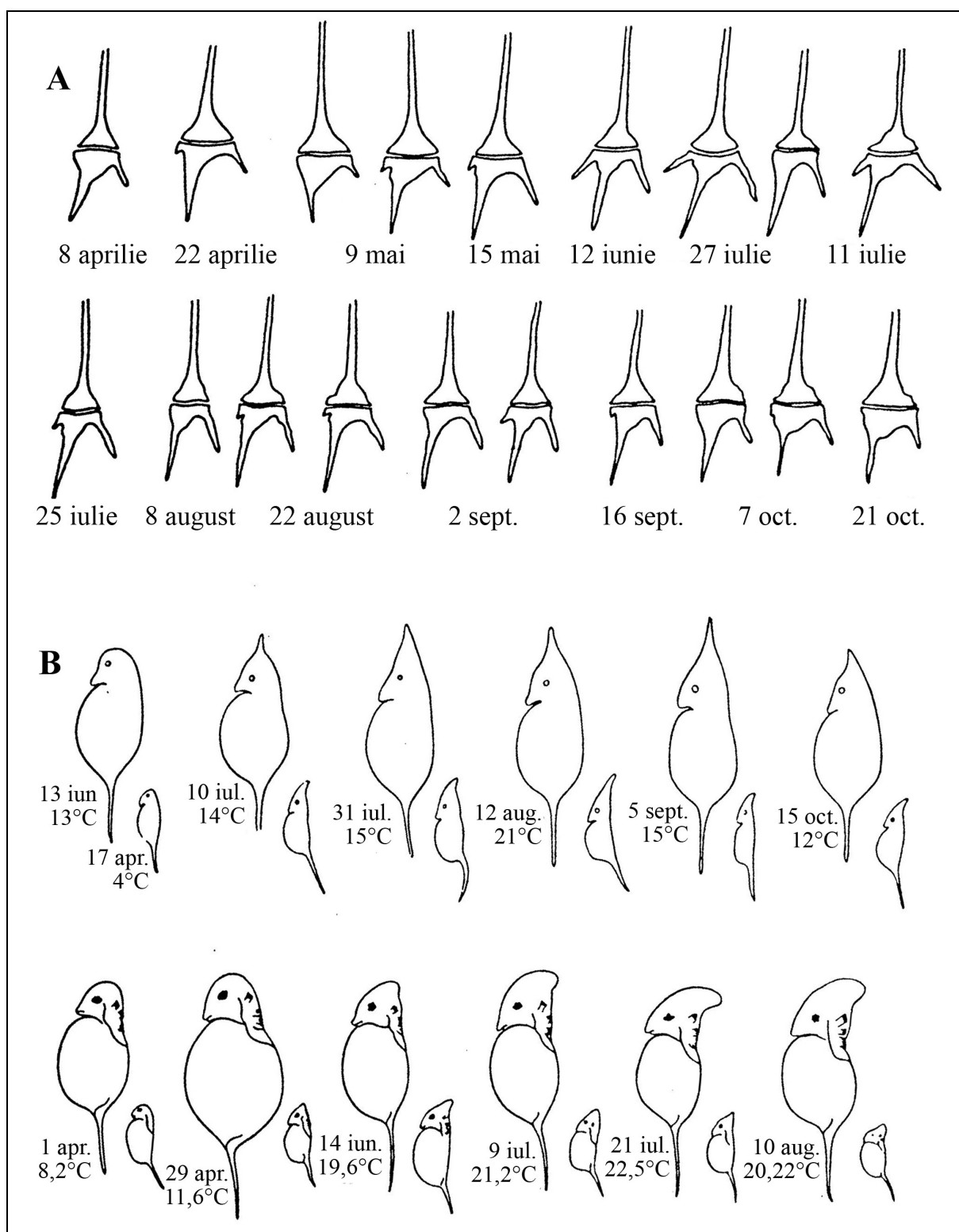


Fig. 3.4. Ciclomorfoze la *Ceratium hirundinella* (A) și la *Daphnia cucullata* și *D. retrocurva* (B) (din Wetzel, 1983)

### Migrațiile organismelor planctonice

Migrațiile organismelor planctonice în masa apei se pot efectua atât în plan orizontal cât și în plan vertical, avînd caracter ciclic (circadiene sau nictemerale și sezoniere) sau fiind neregulate. Pot fi efectuate de către indivizi izolați sau au caracter de masă, deplasările fiind efectuate de populații întregi sau părți ale acestora.

Distanțele pe care se deplasează organismele planctonice pot fi de ordinul centimetrilor (dinoflagelate) sau de ordinul zecilor de metri (la dafnii).

Formele planctonice care efectuează deplasări în masa apei au organite (cili, flageli) sau organe specializate (modificări ale picioarelor sau apendici specializați). Cele lipsite de mijloace de locomotie se deplasează în plan vertical prin modificarea greutateii specifice a corpului.

Scopul acestor deplasări și semnificația ecologică sunt multiple. În cazul deplasărilor pe verticală a algelor planctonice, acestea se poziționează la adâncimea cea mai favorabilă fotosintezei, în diferite momente ale zilei, în funcție de intensitatea luminoasă, scopul fiind unul trofic, de nutriție. Deplasarea algelor poate fi urmată de cea a zooplantonului erbivor și mai departe de animalele planctonofage. Deși au caracter de masă, nu toți indivizii unei populații participă în aceeași măsură, ci diferențiat în funcție de vîrstă, sex, stare fiziologică, dar și în funcție de condițiile de mediu. În general, stadiile tinere se mențin în orizonturile superficiale ale apei.

În alte situații migrația pe verticală poate fi determinată de protecția față de prădători, multe specii zooplanctonice (cladocere) menținându-se în timpul zilei în straturile profunde ale apei și migrînd noaptea spre suprafață pentru a se hrăni, evitînd astfel prădătorii. Se pare că rolul unor astfel de migrații este și unul energetic, de economisire a energiei, unele forme zooplanctonice (cladocere) se hrănesc în straturile superioare ale apei și coboară apoi în cele profunde, unde la temperaturi mai scăzute ale apei asimilarea hranei se face cu consum energetic mai mic. Prin urmare, factorii care determină migrațiile pe verticală sunt: lumina, temperatura, modificarea conținutului în nutrienți sau a regimului gazos, a transparenței apei și a altor factori abiotici. Migrațiile sezoniere pe verticală ale organismelor planctonice se efectuează și în scopul reproducerii, alături de cele menționate mai sus (în scop trofic, de protecție sau pentru economisirea energiei).

Migrațiile pe orizontală ale organismelor planctonice capabile să se deplaseze în masa apei sunt mai puțin cunoscute, fiind caracteristice în primul rînd animalelor. Acestea pot fi efectuate de către indivizi izolați spre anumite zone ale habitatului unde se întîlnesc cele mai favorabile condiții pentru satisfacerea necesităților lor, valorificînd în mod eficient resursele mediului.

### 3.2. Neuston

Neustonul reprezintă o comunitate de organisme acvatice care se dezvoltă pe pelicula de la interfața apă-aer, formată datorită tensiunii superficiale a apei. Prezența și dezvoltarea comunităților neustonică este determinată de starea în care se află suprafața apei, condiția esențială fiind lipsa mișcărilor apei. Prin urmare, neustonul se formează doar la suprafața apelor stătătoare de dimensiuni mici, cu mișcări reduse, ferite de curenți, de valuri sau acțiunea vîntului prin perdele de vegetație sau alte obstacole naturale cum sunt fmele de relief. În mări și oceane, neustonul se dezvoltă în zona golfurilor și lagunelor ferite de acțiunea valurilor sau a curenților.

Comunitatea de organisme din neuston are lanțuri trofice complete, producătorii primari fiind reprezentați de unele specii de alge din cloroficee, crizoficee, bacilarioficee, euglenoficee sau din cianobacterii care se dezvoltă masiv formînd un strat vizibil la suprafața apei. Consumatorii pot fi atît de dimensiuni microscopice: protozoare, cladocere, copepode, rotifere etc., cît și reprezentanți de talie mai mare (macroneuston) cum sunt: gastropode, insecte adulte sau larve de insecte – heteroptere (*Gerris*, *Hydrometra*), unele specii de coleoptere acvatice sau de stafilinide. Frecvent se întîlnesc larve sau nimfe de odonate, sau diptere.

Descompunătorii sunt reprezentați de bacterii, actinomicete și hifomicete acvatice. În funcție de locul în care se dezvoltă comunitatea neustonică față de pelicula de la interfața apă/aer aceasta are două subdiviziuni: epineustonul care se formează pe fața superioară și hiponeustonul care se formează pe cea inferioară (fig. 3.5.), avînd elemente submerse.

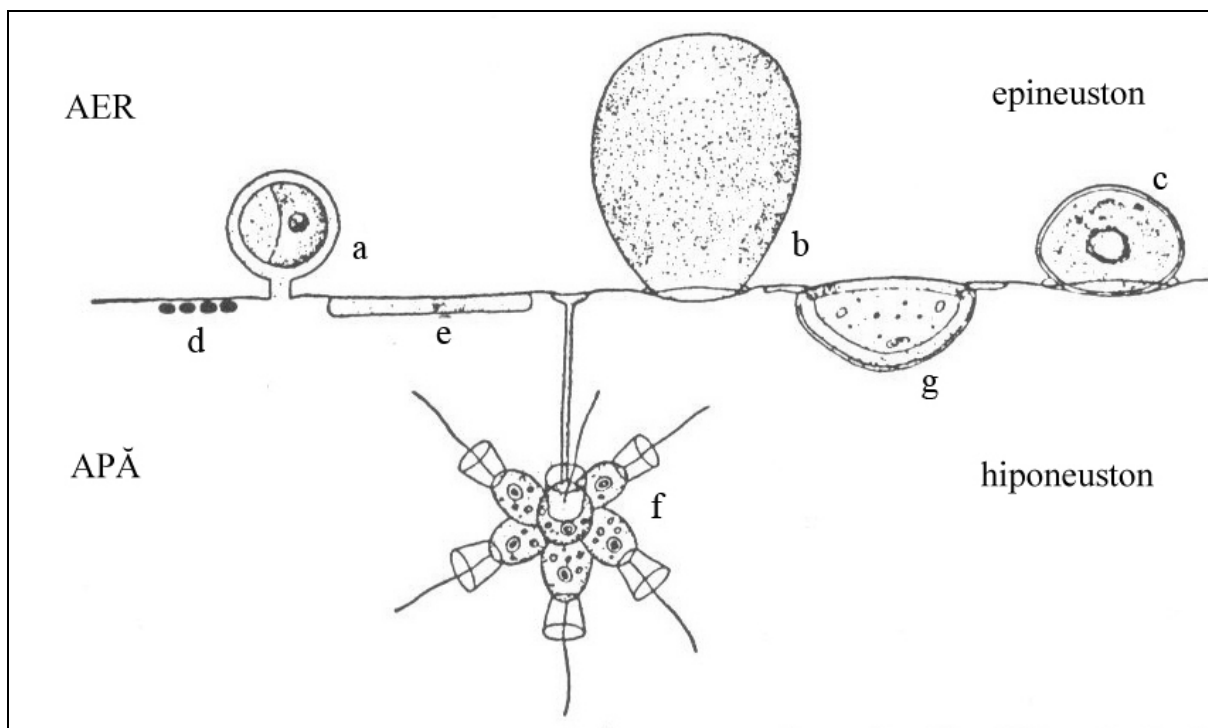


Fig. 3.5. Organisme ce aparțin neustonului: epineuston: **a** – *Chromatophyton* (Chrysophyceae); **b** – *Botrydiopsis* (Xanthophyceae); **c** – *Nautococcus* (Chlorococcaceae); hiponeuston: **d** – *Lampropedia* (Coccaceae); **e** – *Navicula* (Bacillariophyceae); **f** *Codonosiga* (Craspedomonadaceae); **g** – *Arcella* (Rhizopoda) (Ruttner, 1963)

Adaptări ale organismelor din epineuston:

- greutate specifică mică (cantitate mare de apă în celule sau organism, acumulări de aer);
- tegument sau perete celular hidrofob (nu se udă);
- suprafața de contact cu apa mult micșorată;
- pigmentație protectoare (fie albă sau transparentă pentru a se proteja de radiația solară directă, fie acumulări de pigmenți pentru protecția față de razele UV);
- fototactism pozitiv;
- mecanisme pentru a se fixa de pelicula de la interfața apă-aer, specifice pentru alge și animale;
- diverse adaptări ale ochiului pentru vedere în apă și în aer, în special pentru insecte;
- numeroase adaptări pentru variațiile mari ale regimului termic, gazos sau al compoziției chimice a apei, variații nictemerale sau sezoniere.

Hiponeustonul se dezvoltă și este asociat feței interioare sau inferioare a peliculei apă/aer (fig. 3.5.). Organismele din hiopneuston au următoarele adaptări:

- perete celular sau tegument hidrofil;
- pigmentație protectoare;
- greutate specifică mică;
- fototactism pozitiv;
- mecanisme de fixare a corpului de pelicula de la interfața apă/aer;
- diverse adaptări ale ochiului pentru vedere în apă și în aer, pentru animale (mai ales insecte);
- diverse adaptări ale nutriției cu elemente autohtone și alohtone;
- diverse adaptări pentru a suporta variațiile mari ale regimului termic, gazos sau al substanțelor chimice din apă în funcție de alternanța zi/noapte sau de la un anotimp la altul.

Pe lângă organismele tipice, care sunt prezente pe întreg ciclul de dezvoltare în hiponeuston (euhiponeuston), sunt prezente forme din primele stadii de dezvoltare ale unor organisme planctonice (ouă, larve, juvenili: moluște, crustacee, insecte etc.) care formează merohiponeustonul



sau chiar forme adulte ale unor animale care migrează în timpul nopții spre suprafața apei pentru a se hrăni (gastropode, amfipode, decapode) care formează tihohiponeustonul.

Prin urmare, zona de suprafață a apei unde se dezvoltă hiponeustonul este un adevărat incubator natural de organisme acvatice.

Tensiunea superficială a apei care favorizează dezvoltarea neustonului are și efecte negative pentru organismele acvatice. Unele insecte care zboară foarte aproape de suprafața apei pot fi atrase în apă, unde mor. Alte forme acvatice care se deplasează în apă, foarte aproape de suprafața acesteia, pot ajunge întâmplător pe această peliculă, unde rămân captive, neavând forța necesară străpunerii sau ruperii acestei pelicule datorată tensiunii superficiale a apei.

### 3.3. Pleuston

Pleustonul reprezintă o comunitate de organisme de talie mare, complex structurată, cu producători primari (plante), consumatori (animale) și descompunători, care plutește la suprafața apei, mișcările fiind pasive, determinate de curenții de apă. Este o comunitate tipică apelor stătătoare: lacuri, bălți sau ape marine, cu plante macroscopice (producători primari) pe jumătate imersate. Frecvent în apele dulci această comunitate este edificată de plante plutitoare sau natante precum *Salvinia natans*, o ferigă de apă sau macrofite, specii de *Lemna*, *Nymphaea*, *Trapa*, *Pistia*, *Eichornia*, grupul consumatorilor fiind reprezentat de specii de melci, moluște, viermi, larve de insecte de talie mică, iar descompunătorii de bacterii și micromicete.

În apele marine, dintre animalele prezente în pleuston semnalăm specii de sifonofore (*Physalia*, *Physophora*), care plutesc ca un clopot plutitor, parțial deasupra apei, sau peștele lună care are mișcări proprii, dar o parte a zonei dorsale a corpului se află la suprafața apei.

Adaptările acestor organisme sunt variate, unele atât pentru mediul acvatic cât și pentru cel aerian (văz), cu colorații protectoare, cu dublă respirație etc., unele caracteristice și speciilor care compun neustonul.

### 3.4. Necton

Nectonul cuprinde comunități de animale care au organe de locomoție sau mecanisme specifice, cu ajutorul cărora se deplasează activ în masa apei. Comunitățile nectonice sunt prezente atât în ecosistemele acvatice continentale cât și în mări și oceane unde au o largă reprezentare. În apele dulci sunt reprezentate de unele specii de insecte (*Dytiscus*, *Gyrinus*), reptile (testoase, șerpi, crocodili), amfibieni (tritoni, broaște) și un număr redus de mamifere (vidre, castori, foci), alături de un număr mare de pești.

În mediul marin, numărul grupelor de animale ca și al reprezentanților acestor grupe este mult mai mare. Adaptările animalelor nectonice sunt deosebit de variate, în funcție de tipul de ecosistem acvatic în care trăiesc (cu apă curgătoare sau cu apă stătătoare), în funcție de habitatul sau nișa ecologică pe care o ocupă, în funcție de zona climatică etc.

Cîteva adaptări ale organismelor nectonice sunt prezentate în continuare:

- gamă largă de adaptări ale organelor de locomoție: appendici transformați (insecte), membre transformate în înotătoare (pești, mamifere) sau realizarea deplasării cu ajutorul contracțiilor mușchilor (șerpi) sau a forței de reacție (cu viteză de pînă la 40 km/h la cefalopode);
- forma hidrodinamică a corpului (fusiformă, ascuțită); calitățile hidrodinamice sunt cu atât mai accentuate cu cît apa în care trăiesc are mișcări mai rapide;
- flotabilitate negativă sau pozitivă, pentru a preîntîmpina scufundarea sau expulzarea afară din apă; cele cu flotabilitate negativă au corpul mai convex în partea superioară, astfel se crează în timpul mișcării o forță de ridicare care contracarează greutatea și preîntîmpină scufundarea. La animalele cu flotabilitate pozitivă corpul este mai concav în partea inferioară, astfel că în

timpul mișcării se formează o forță descendentă ce contracarează forța hidrostatică care se formează conform legii lui Arhimede, de împingere spre suprafață a corpului – mecanism eficient de flotație cu un consum minim de energie;

- tegumentul cu proprietăți hidrofobe;
- numeroase adaptări ale aparatului circulator și respirator sau alte adaptări (camere cu aer – *Nautilus*, vezica cu aer – hidrostatică) pentru mișcările pe verticală și pentru ajustarea flotabilității;
- acumulări mari de grăsime în ficat la peștii care nu au vezica hidrostatică (rechini) și care înoată constant pentru a-și menține poziția în apă.

Peștii fiind grupul cel mai numeros de organisme nectonice (mai mult de 21.600 de specii) sunt și cei mai studiați în ceea ce privește preferințele față de mediu, ciclul de dezvoltare etc. În apele dulci se cunosc 3 grupe de pești: reofili, care trăiesc în ape curgătoare, limnofili, care trăiesc în ape stătătoare și epibentici care sunt asociați bentului sau fundului apei, cu forme specifice turtite dorso-ventral și ochi pe partea dorsală a corpului. Fiecare grup în parte are o serie de adaptări – de exemplu cei reofili sunt preponderent stenobionți având anumite preferințe față de cantitatea de oxigen din apă și față de temperatura apei. Cei limnofili sunt în general euritermi, putând trăi și în medii cu deficit de oxigen.

Speciile de pești din grupul stenobionților sunt valoroși bioindicatori, fiind utilizați în stabilirea stării ecologice a râurilor. În funcție de preferința față de viteza de curgere a apei se cunosc patru categorii: reofili (puternic dependenți de curentul de apă); oligoreofili (slab dependenți de curentul de apă); indiferenți față de curentul de apă și limnofili (de ape stătătoare).

Dintre grupele de animale nectonice din ecosistemele acvatice continentale, amfibienii se află în toată lumea într-un proces de regres datorită dispariției zonelor umede în primul rând, unii autori avansând și ipoteza creșterii radiației UV, a cantității de dioxid de carbon și a schimbărilor climatice globale.

### **Migrațiile organismelor nectonice**

Se execută pe distanțe foarte mari, având organe specializate de locomoție. Sunt deplasări pe verticală și pe orizontală, cu caracter periodic sau ciclic (nictemerale sau sezoniere) sau neregulate. Aceste migrații sunt determinate de existența într-o anumită porțiune a biotopului lor a celor mai bune condiții care să le satisfacă necesitățile de nutriție, reproducere, protecție, hibernare etc. (acest lucru constituind semnificația ecologică a migrațiilor). Are loc în acest fel valorificarea cu maximă eficiență a resurselor din mediu în stînsă legătură cu distribuția spațială și temporală a organismelor nectonice.

**Migrațiile pe orizontală** au ca principal scop hrănirea animalelor, reproducerea și căutarea locurilor de hibernare. Pot avea loc în cadrul aceluiași ecosistem acvatic, de către indivizi izolați sau în grupuri (bancuri de pești) sau dintr-un ecosistem în altul de același tip (hamsia migrează din Marea Neagră în Marea Azov în scopul reproducerii). Migrațiile pot avea loc dintr-un ecosistem dulcicol în unul marin pentru reproducere și invers pentru hrănire. Speciile migratoare sau diadrome pot fi în primul rând anadrome, cînd deplasarea are loc din râu în mare pentru a se hrăni și din mare în râu pentru reproducere (somonii sau sturionii). Speciile catadrome migrează pentru reproducere în mare și pentru hrană în ape dulci (de exemplu anghila). Aceste specii care migrează dintr-un tip de ecosistem acvatic în altul contribuie la fluxul de materie organică între ecosistemele acvatice dulcicole continentale și cele marine. Factorii de mediu care semnalizează și determină declanșarea migrațiilor sunt cei climatici în primul rând (fotoperioada și temperatura apei) dar și debitul și viteza apelor care condiționează ciclicitatea reproducerii. Caracteristic peștilor migratori din apele curgătoare este tigmotactismul - păstrarea contactului cu substratul și reotactismul - orientarea deplasării în funcție de sensul de curgere al apei.

**Migrațiile pe verticală**, proprii atât formelor planctonice care au organe de locomoție cât și celor nectonice sau necto-bentonice (nu există limite foarte stricte între formele nectonice și cele bentonice vagile sau erante – vezi subcapitolul 3.5.). Semnificația ecologică a acestor deplasări este în primul rând cea trofică sau de nutriție.

Mișcările pe verticală sunt, în mod obișnuit fenomene de masă, migrația fiind executată de populații sau comunități întregi pe distanțe de la câțiva metri la sute de metri, deseori avînd loc atît deplasarea prăzii cît și a prădătorilor. În general, au caracter ciclic (nictemeral sau sezonier), factorii care determină aceste migrații fiind lumina, temperatura, regimul gazos, dar și alți factori de natură abiotică sau biotică. Migrațiile pe verticală pot avea și caracter neregulat, cînd sunt provocate de furtuni, uragane sau ploi de intensitate mare.

Se vehiculează și ideea că unele animale nectonice execută aceste migrații nu numai pentru hrănire ci și în scop protector, mai ales de la suprafață spre adîncime. La fel, unii autori atribuie unora dintre aceste deplasări rol energetic, prin mărirea eficienței energetice dacă metabolizarea hranei are loc în straturile mai profunde, la temperaturi mai scăzute.

Deși, așa cum am arătat, sunt deplasări de grup (populații sau comunități), nu toți indivizii care compun o populație se comportă la fel, datorită vârstei, sexului sau stării fiziologice influențate de condițiile de mediu.

### 3.5. Bentos

Bentosul este reprezentat de comunități de organisme acvaticе a căror existență este dependentă într-un grad mai mare sau mai mic de bental ca biotop, adică de substratul bazinelor acvaticе. Pe lîngă speciile care trăiesc întregul ciclu de viață la nivelul substratului, există și altele la care doar formele aparținînd unor etape ale ciclului lor de dezvoltare sunt forme bentonice. De exemplu, la formele meroplanctonice, stadiile de ou, larvă și/sau stadii tinere trăiesc în masa apei iar adulții sunt bentonici. Prin urmare nu se poate face o demarcație netă între formele pelagice, nectonice sau planctonice și cele bentonice. Se cunosc și specii bento-planctonice (crustacee, polichete) sau bento-nectonice (pești).

În ecosistemele acvaticе continentale și marine, puțin adînci, deci bine luminate, bentosul include dintre producătorii primari: fitobentosul (macrofite acvaticе) și microfitobentosul (alge), inclusiv cele din cadrul perifitonului; dintre consumatori: zoobentosul; iar dintre descompunători bacteriobentosul și micromicetele microscopice acvaticе. În zonele de adîncime mare, unde lipsa luminii nu permite procesele fotosintetice, acești producători primari lipsesc, comunitatea fiind formată doar din consumatori și descompunători, sau grupul producătorilor primari este reprezentat de bacteriile chemosintetizante (venturile oceanice la adîncimi de peste 1500 m adăpostesc comunități acvaticе complex structurate pe baza materiei organice sintetizate de bacteriile chemosintetizante).

În funcție de natura substratului din bazinele acvaticе, comunitățile bentonice au următoarele denumiri:

- pelon (epipelon și endopelon) – pe substrat de mîluri;
- psamon (epipsamon și endopsamon) – pe substrat nisipos;
- epiliton și endoliton – pe roci dure;
- epifiton – pe resturi de plante macrofite vii sau moarte;
- plocon – pe pat de alge filamentoase;
- perifiton – comunitate complex structurată care se dezvoltă pe suprafața pietrelor, stîncilor, resturilor de plante, stîlpi, piloni de pod, ziduri, partea submersă a navelor sau orice alt obiect submersat (sticle, peturi, pungii de plastic, textile etc.), sinonim cu biodermă, biofilm sau biotecton (o noțiune mai veche care nu se mai utilizează);
- epizoon – pe alte animale.

Organismele care se dezvoltă pe aceste elemente din substrat pot fi: pelofile, pelobionte, epi- sau endopelice, peloxene sau psamofile (arenicole), psamobionte, epi- sau endopsamice, psamoxene etc. Pentru cele epilitice se utilizează și noțiunile de petricol sau saxicol, iar pentru cele cu existența legată de stînci cea de rupicol; organismele care se hrănesc cu detritus poartă denumirea de detritivore.

Factorii care determină adaptările organismelor bentonice sunt următorii:

- natura substratului (*dur*: din stînci, pietre, bolovani, *mobil*: din nisipuri, mîluri sau *de altă natură*: plante, animale);
- regimul hidrologic al apei (viteză, debit, durată de inundare etc.);
- temperatura apei;
- luminozitate;
- cantitatea de substanțe chimice și gaze dizolvate;
- tipul de comunitate bentonică (la suprafața substratului sau în interiorul acestuia);
- tipul de organisme care se dezvoltă în cele două comunități (sedentare, mobile, fixate, săpătoare sau sfredelitoare).

Adaptările au rolul fie de selecționare a celor mai potrivite forme pentru stabilitate și menținere la nivelul substratului pentru formele sedentare, fie de protecție față de procesul continuu de sedimentare a particulelor de natură minerală sau organică, mai ales pentru formele fixate. Pentru formele mobile, adaptările privesc cele mai eficiente mijloace de locomoție în funcție de tipul de substrat.

Ca și în cazul planctonului, există o clasificare a organismelor bentonice în funcție de dimensiuni:

- macrobentos – forme cu dimensiuni mai mari de 2 mm;
- mezobentos – forme cu dimensiuni cuprinse între 0,1 și 2 mm;
- microbentos – forme cu dimensiuni mai mici de 0,1 mm, care se subdivid în:
  - a) eumicrobentos – forme care în stare adultă au dimensiuni mai mici de 0,1 mm;
  - b) pseudomicrobentos – forme care în stadiile tinere sunt mai mici de 0,1 mm, formele adulte încadrîndu-se la macro- și mezobentos.

Referindu-ne la macronevertebratele bentonice, după tipul de hrană și modul de hrănire, acestea fac parte din mai multe grupe funcționale:

- mărunchitori sau tăietori – fărîmițători (specii de plecoptere și amfipode);
- răzuitori – raclatori (specii de efemeroptere, chironomide, coleoptere, gastropode);
- colectori – care culeg particulele din detritus (oligochete, efemeroptere, chironomide);
- filtratori – care filtrează apa și rețin particule din seston sau din detritus (infuzori, unele larve de chironomide, simulide, ceratopogonide, bivalve);
- prădători – care se hrănesc cu organisme vii (odonate, trichoptere, larve de *Chaoborus*, chironomide, acarieni acvatici).

În funcție de zona din substrat unde se dezvoltă comunitatea bentonică, aceasta poate fi:

- epibentos sau comunitate epibentonică – care se dezvoltă la suprafața substratului, formînd ceea ce se numește epibioza;
- endobentos sau comunitate endobentonică – care se dezvoltă în interiorul substratului, formînd endobioza.

***Epibentosul*** reprezintă ansamblul comunității care se dezvoltă la suprafața substratului, are lanțuri trofice complete cu producători primari, consumatori și descompunători cu specificația că producătorii primari pot fi fotosintetizanți (alge, macrofite) în ape puțin adînci bine luminate, sau bacteriile chemosintetizante la adîncimi mari în ocean. În multe ecosisteme acvatice de mare adîncime, epibentosul este lipsit de producători primari, lanțul trofic incomplet fiind format din consumatori și descompunători.

În funcție de raportul dintre speciile epibentonice și substrat, acestea pot fi: sesile sau fixate, sedentare și vagile sau erante.

Organismele epibentonice sesile (fig. 3.6.) sunt cele care au dispozitive de fixare, fiind ancorare de substrat. Dispozitivele sau organele de fixare sunt foarte diferite în funcție de tipul de organism. În cazul algelor, vorbim de: celule bazale modificate (*Uronema*), discuri adezive de

diferite tipuri (specii de *Fragilaria* și *Achnanthes*), pedunculi simpli sau ramificați (specii de *Stigeoclonium*, *Batracospermum*, *Didymosphenia geminata*, fig. 3.7.); la mușchi există rizoizi, la macrofite, rădăcini. Animalele acvatice din grupul formelor epibentonice sesile se fixează prin fire elastice secretate de unele scoici, prin pedunculi de diverse forme la briozoare, celenterate, hidrozoare, antozoare și prin exoschelet la corali, madreporali etc.

Formele sesile au o serie de adaptări care să le protejeze față de procesele de sedimentare și de mișcările apei, adaptări ce țin de forma corpului, care este alungită – filamentoasă, simplă sau ramificată, conică, tronconică, pedunculată, puternic ramificată etc. Rezistența la acțiunea valurilor se realizează prin scheletele rigide la corali sau forme filamentoase deosebit de elastice. La alge de exemplu aceeași specie prezintă adaptări legate de consistența corpului – morfoze: elastică în ape cu mișcări violente sau mai rigidă în ape mai calme, cu mișcări reduse ale maselor de apă.

Prezența animalelor fixate este posibilă și caracteristică numai mediului acvatic, bogat în hrană, de unde se îndepărtează cataboliții prin mișcarea apei sau se asigură aflux de hrană și nutrienți sau gaze dizolvate, alături de răspândirea sporilor, ouălor și larvelor.

Formele sedentare, prostrate se dezvoltă la nivelul unui substrat dur, format din stânci, bolovani etc. Adaptările acestor organisme vizează forma corpului care tinde să aibă o suprafață și în același timp o greutate cât mai mare pentru a se putea păstra la nivelul substratului unde unele specii pot executa mișcări de târîre sau alunecare de mică amplitudine (fig. 3.8. și 3.9.). Sunt forme turtite dorsoventral, cu simetrie bilaterală sau radială (steaua de mare). Dintre alge menționăm specii de *Diatoma*, *Rhopalodia*, *Cymatopleura*, *Meridion* (fig. 3.9.), la unele combinat și cu asocierea mai multor celule pentru mărirea suprafeței de contact cu substratul; dintre animale, gastropode de talie mare, echinoderme, pești bentonici (gobiide și pleuronectide).

Formele vagile sau erante sunt organisme epibentonice care au organe de locomoție ce le permit deplasarea pe distanțe mai mari comparativ cu cele sedentare, în funcție de natura și consistența substratului. Se cunosc următoarele tipuri de mișcare:

- amoeboidală – la unele rizopode sau alge;
- prin cili și flageli – la ciliate, viermi, alge;
- prin mișcări de târîre – polichete, oligochete, lamelibranhiate, echinoderme;
- prin mișcări de alunecare – specii de crustacee, larve de insecte;
- prin glisare – specii fixate care își pot schimba locul pe parcursul vieții: gastropode, moluște, placofore, actinari;
- forța de reacție – unele cefalopode, scoici;
- deplasare cu ajutorul unor organe specializate – apendici la larve de insecte, insecte adulte, crustacee, înotătoare la peștii bentonici etc.

O comunitate epibentonice care are în compoziție atât forme sesile (fig. 3.6.) cât și unele sedentare și mobile este PERIFITONUL, prezentat anterior. Denumirile mai vechi pentru această comunitate sunt: biodermă și biotecton. Are lanțuri trofice complete (alge – animale de talie mică – bacterii și micromicete), necesită substrat dur, consistent pentru a se dezvolta, condiții bune de lumină și un anumit regim chimic și gazos. Deși constituie hrana unor specii de moluște, crustacee, puiet de pește sau pești adulți, poate avea și rol negativ, contribuind la distrugerea pilonilor de poduri, zidurilor submerse sau a navelor. Este utilizat în managementul apelor, servind la limpezirea acestora după efectuarea unor lucrări.

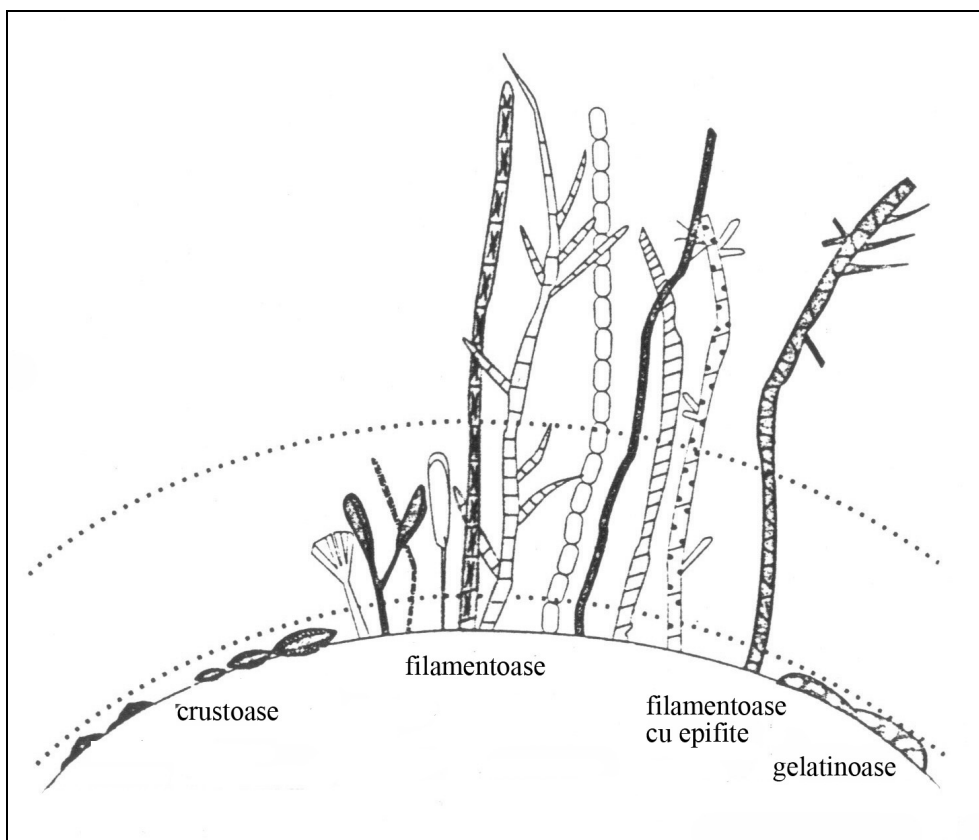


Fig. 3.6. Structura perifitonului cu specii de alge fixate (crustoase, gelationase și filamentoase) (după Allan, 1995)



Fig. 3.7. *Didymosphenia geminata*: fixarea pe substrat prin pedunculi mucilaginoși (stînga) și detaliu al structurii frustulei silicioase (dreapta)

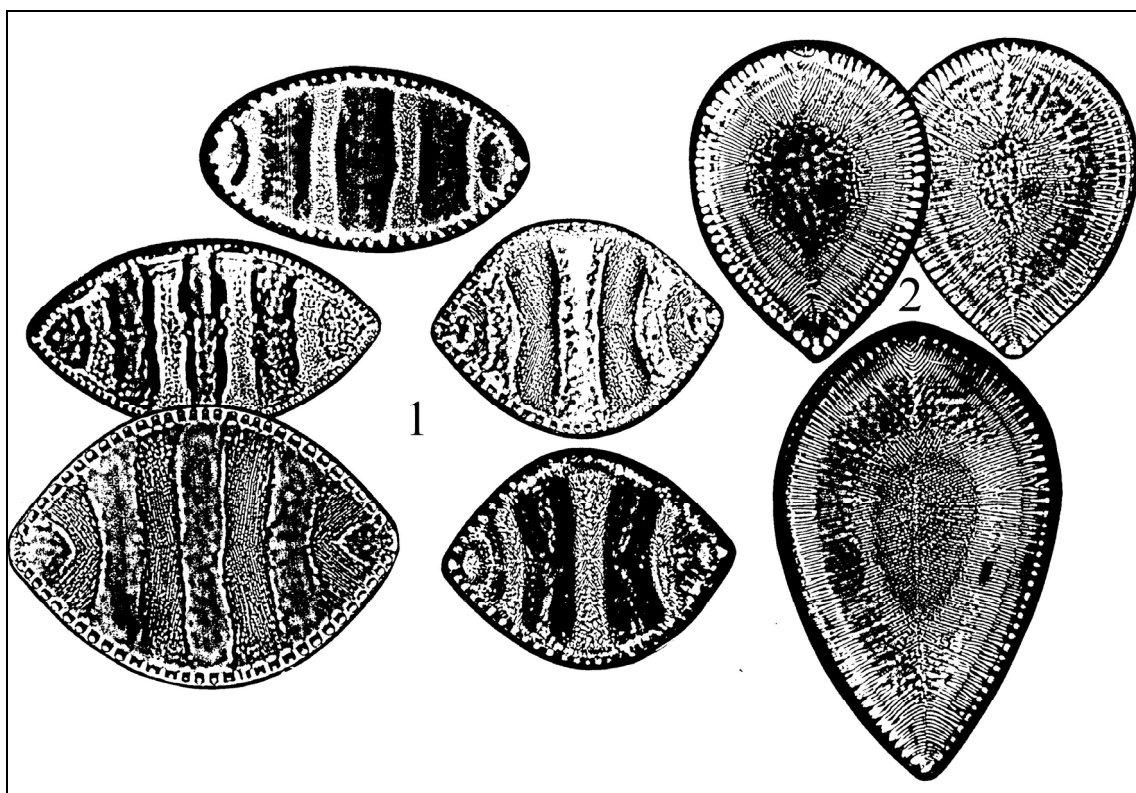


Fig. 3.8. Alge bentonice sedentare (1 – *Cymatopleura*; 2 – *Surirella*)  
(din Krammer și Lange Bertalot, 1988)

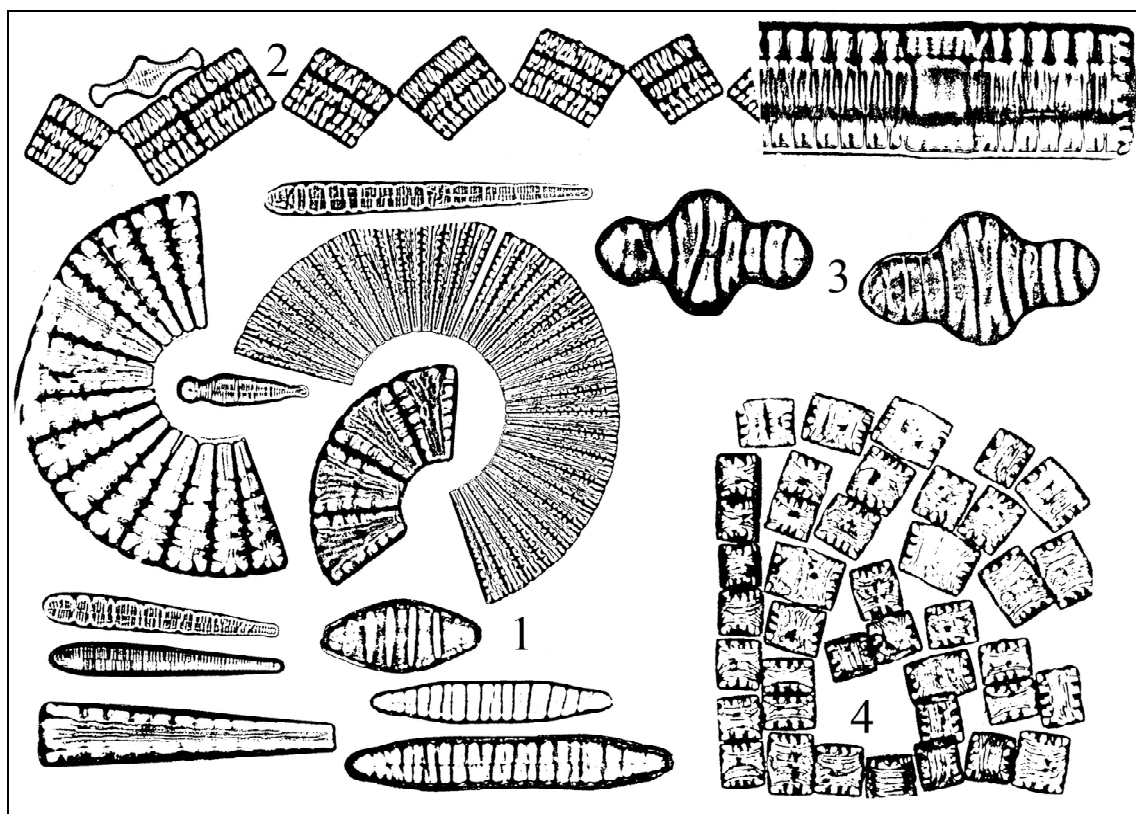


Fig. 3.9. Alge bentonice sedentare (1 – *Meridion*; 2 – *Tabellaria*; 3 – *Tetracyclus*; 4 – *Diatoma*)  
(din Krammer și Lange Bertalot, 1991)

Migrațiile organismelor epibentonice se cunosc pentru formele erante sau vagile care au organe de locomoție. Migrațiile sunt dominant pe orizontală, ciclice (nictemurale sau sezoniere) sau

neregulate, de cele mai multe ori active. Semnificația lor biologică este aceea că satisfac necesitățile de nutriție, reproducere și hibernare sau au rol protector. În general, în zona temperată, animalele hibernează spre interiorul bazinului acvatic, organismele deplasându-se din zona malurilor spre interiorul bazinului la nivelul substratului. Factorii care determină migrațiile sunt temperatura și lumina.

Un exemplu specific de migrație combinată pe verticală și orizontală, activă și pasivă este driftul caracteristic apelor curgătoare.

***Endobentosul*** (endobioza) cuprinde comunități formate aproape exclusiv din animale care trăiesc îngropate parțial sau total în substrat. După modul în care și construiesc galeriile sau cavitățile în care trăiesc, sunt grupate în două tipuri diferite de comunități, formate din organisme săpătoare și forante (sfredelitoare).

Organismele săpătoare sunt animalele care pătrund total sau parțial în substratul mobil (nisip, mîl), prin dislocarea activă a elementelor componente, construindu-și galerii sau cavități de forme și mărimi diferite dar întotdeauna mai mari decât corpul, încă de la început. Acestea sunt consolidate cu ajutorul unor secreții pentru a evita prăbușirea. În alte situații își construiesc căsuțe consolidate cu elemente din substrat în care trăiesc, cum sunt larvele de trichoptere, viermi tubicoli etc.

Mecanismele prin care pătrund în substrat sunt variate și depind de natura substratului. În cel foarte mobil, unele crustacee crează un curent de apă prin mișcări ale apendicilor cefalici, dislocînd elementele componente și pătrunzînd în substrat. Bivalvele și gastropodele folosesc un mecanism hidraulic prin modificarea stării de turgescență a piciorului, în paralel cu deplasarea înainte a acestuia. Polichetele marine dislocă substratul cu ajutorul parapodelor, oligochetele cu ajutorul cheților sau prin mișcări ondulatorii sau helicoidale ale corpului.

Adaptările tipice organismelor săpătoare privesc alungirea corpului sau a unor porțiuni din corp (sifoane foarte lungi) pentru a rămîne în legătură cu apa (sursa lor de hrană și de oxigen). Alte adaptări se referă la reducerea parapodelor la unele polichete și dezvoltarea branhiilor; la alte specii se reduce foarte mult și se modifică armătura bucală, la bivalvele care trăiesc îngropate, cochilia este mult mai subțire decât la cele care trăiesc la suprafața substratului.

Migrațiile caracteristice organismelor săpătoare sunt cele pe verticală, ciclice (nictemerale și sezoniere) pe distanțe relativ reduse. Semnificația ecologică a acestor migrații este hrănirea și hibernarea/estivarea, ca și protecția în fața prădătorilor.

Animalele endobentonice săpătoare din zonele periodic imersate, migrează spre adîncime în condiții nefavorabile (lipsa apei) și spre suprafață atunci cînd condițiile permit. În zonele de flux și reflux se întîlnesc o serie de animale cu adaptări ce le permit să reziste pe perioada cît apa se retrage: scade activitatea metabolică, se refugiază în crăpăturile stîncilor sau în gropile din nisip pentru a evita deshidratarea; se îngroapă în sedimentele moi (profunzime) sau între algele rămase; se închid cochiliile sau alte exoschelete, se retrag tentaculele; este prezentă dubla respirație: branhială și cutanată etc., uneori anaerobioza.

Algele marine sunt foarte rezistente la dezhidratare, fiind foarte higroscopice, se rehidratează rapid, se înmulțesc vegetativ din fragmentele rămase. Adaptări remarcabile au și animalele terestre care se hrănesc în zona de flux-reflux. O specie de crab se îngroapă în nisip pe perioada fluxului și iese la suprafață după retragerea apei, unde se hrănește cu detritusul rămas.

Organismele sfredelitoare sau forante sunt cele care perforează, sfredelesc substratul dur din gresii, calcar, șisturi cristaline (granit), marmură, beton, cărămizi.

În apele continentale se cunoaște un număr mic de forme sfredelitoare din grupul larvelor de insecte sau a crustaceelor. În mediul marin numărul acestora este mult mai mare: izopode, polichete, moluște, amfipode, spongieri etc.

Galeriile în care trăiesc sunt de dimensiuni mai mici la început și sunt mărite pe măsură ce animalul crește. Mecanismele prin care își construiesc aceste galerii sunt diferite de la o specie la alta și depind de natura substratului. Unele bivalve forează galerii în rocile dure cu ajutorul unor dințișori sau coaste radiare de pe marginea valvelor, care au o mișcare alternativă, sau prin abraziune mecanică a rocilor; unele polichete se servesc de trompa faringiană pentru a fora



substratul dur, alte animale au alte tipuri de organe sfredelitoare cum ar fi parapode sau cheți transformați. Frecvent se întâlnește utilizarea unor secreții acide pentru dizolvarea rocilor calcaroase (moluște: *Mytilus* sau *Ostrea*). Se cunosc chiar unele alge care perforează chochiliile moluștelor sau rocile calcaroase și se dezvoltă în cavitățile formate (endolitic).

Formele xilofage perforează lemnul din structura navelor cu ajutorul enzimelor celulolitice sau alte specii (izopode, amfipode), rod lemnul cu ajutorul apendicilor bucali adaptați acestui proces.

## 4. Ecosisteme acvatice continentale

După localizarea pe Pământ, ecosistemele acvatice se împart în două grupe: continentale și marine, oceanice. Ecosistemele acvatice continentale se împart la rândul lor în funcție de localizare la nivelul uscatului în: epicontinentale, epigee sau ape de suprafață și respectiv subterane sau hipogee.

După concentrația de săruri ecosistemele continentale sunt cu apă dulce în mare majoritate, salmastră și sărată, unele lacuri pot avea concentrații foarte mari de sare (bazinele hipersaline, hiperhaline).

Deși reprezintă mai puțin de 1% din volumul de apă existent pe Pământ, ocupînd suprafețe mult mai reduse comparativ cu mările și oceanele, ecosistemele acvatice cu apă dulce au o importanță deosebită, determinînd existența vieții pe Terra, apa dulce condiționînd și existența omului pe Pământ.

Ecosistemele acvatice cu apă dulce fac parte din circuitul general al apei în natură (fig. 4.1.).

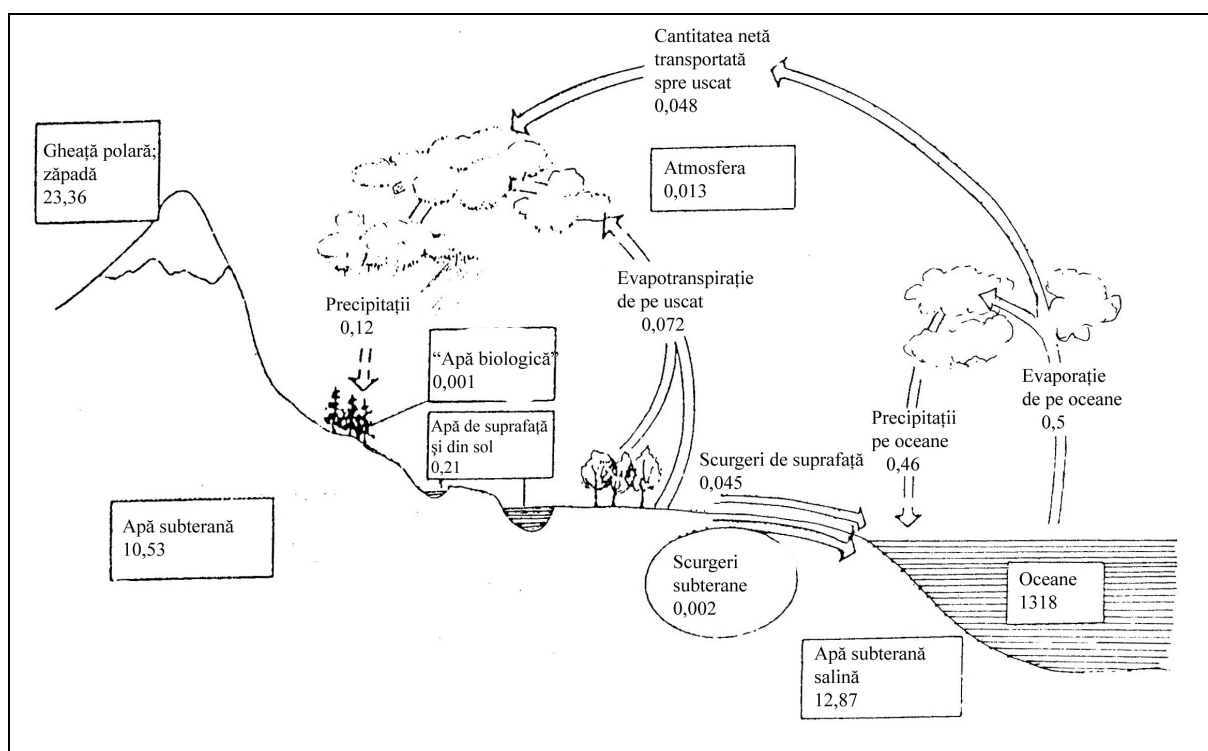


Fig. 4.1. Ciclul hidrologic global cu precizarea diferitelor cantități de apă stocată (în casețe:  $\text{km}^3 \times 10^6$ ) și principalele fluxuri (reprezentate prin săgeți:  $\text{km}^3 \times 10^6$  per an) (după Newson, 1994, din Giller și Malmqvist, 2006)

Apele continentale se împart în două grupe, după cinetica sau mișcarea maselor de apă: ape curgătoare, mediul lotic (izvoare, râuri, fluvii) și stătătoare sau stagnante, mediul lentic (lacuri, bălți, mlaștini, iazuri, eleștee etc.). Între cele două tipuri nu există limite foarte distincte. Modificările care au loc în structura geologică a substratului pot determina, în timp, transformări ale celor curgătoare în ecosisteme cu ape stătătoare. De exemplu, Lacul Roșu s-a format în urma unei alunecări de teren care a barat cursul râului Domucu. Omul este un factor ale cărui acțiuni pot sta la originea unor astfel de procese prin construirea lacurilor de baraj, a iazurilor și eleșteelor etc.

Principala sursă de alimentare cu apă pentru apele de suprafață (curgătoare și stătătoare) este pînza de apă freatică.

## 4.1. Apele subterane

Apele subterane sunt reprezentate de apa care umple golurile și crăpăturile scoarței terestre sau îmbibă straturile acesteia, cu o structură mai mult sau mai puțin poroasă.

Originea apelor subterane este reprezentată în proporție de peste 90% de infiltrații provenite din precipitații și topirea zăpezilor. La alte origini pot fi catalogate următoarele: solidificarea magmei, rezultând ape magmatice, ape cosmice care provin din meteoriții care cad pe Pământ, ape de zăcămint, cele care însoțesc zăcămintele de petrol.

Apele freatice sunt localizate în stratul purtător al scoarței sau stratul acvifer, sub care se află cel impermeabil, stratul barieră, care împiedică difuziunea spre adâncime. Există o zonare geografică a apelor freatice, după cum urmează:

### 1. apele freatice zonale:

- din regiunea polară, unde apele freatice se contopesc cu cele de suprafață;
- din regiuni tropicale sau subtropicale cu apă freatică insuficientă – la adâncimi mai mari de 30 m;
- din regiuni de munte cu ape freatice la suprafață;
- din regiuni cu depuneri glaciare;
- din regiunea moderat inundată caracteristică solurilor de câmpie: cernoziomuri, loess, argile, nisipuri.

### 2. apele freatice azonale:

- ape freatice din regiunile calcaroase;
- ape freatice din depozitele de luncă, în legătură cu apa din râuri (freaticul aluvionar – hiporeic);
- ape freatice la baza dunelor din depozitele nisipoase (5 - 15 m);
- ape freatice din mlaștini și lăcoviști, la adâncimi mici care produc sărăturarea solurilor;
- ape freatice clorurate – izvoare cu apă sărată, în zone cu depozite de sare.

Apele freatice stau la originea tuturor izvoarelor, a râurilor, fluviilor sau lacurilor.

Există mări subterane și râuri subterane, în regiunea marilor sinclinale tectonice sau în regiuni cu substrat calcaros etc.

După modul de mișcare al apei în interiorul scoarței terestre, apele freatice se clasifică în:

- **ape freatice descendente**, localizate în orizonturile superioare, care parcurg un traseu descendent și apar la suprafață în urma proceselor de eroziune fluviatilă sau sub formă de izvoare, pîraie, râuri, lacuri; stau la originea întregii rețele hidrografice de pe uscat;
- **ape freatice ascendente** sunt localizate la adâncime, avînd un traseu ascendent în foraj, fiind ape captive între straturi impermeabile; ies la suprafață în regiunea de falie sau cute ale scoarței terestre; unele sunt adevărate mări subterane; de exemplu sub deșertul Sahara, sub Munții Atlas etc., localizate la adâncimi foarte mari.

Apele freatice aluvionare sau biotopul hiporeic (freaticul aluvionar) este un biotop hipogeu particular aflat sub albia majoră a râurilor, făcînd legătura între freaticul propriu-zis și râuri.

Biocenozele apelor subterane sunt lipsite de producători primari, au temperaturi constante valoric și egale cu media termică a temperaturilor de la suprafață, mișcări ale apei foarte lente, timpul de înlocuire fiind de ordinul sutelor sau miilor de ani.

Animalele prezente au o serie de adaptări determinate de caracteristicile mediului în care trăiesc. Spațiile mici din porii rocilor în care trăiesc determină dimensiunile lor foarte reduse. Există și acumulări mari de ape freatice în peșteri, care permit dezvoltarea unor organisme de talie mare. Hrana acestora este de natură alohtonă, din ceea ce se infiltrează din straturile superioare, în cea mai mare parte (Negrea și colab., 2004)

Spațiul freatic redus a determinat în cursul evoluției reducerea taliei acestor animale la 1 - 2 mm sau chiar mai puțin, la rotifere, nematode, tardigrade etc., dar sunt și unele de talie mai mare precum unele turbelariate (15 mm) sau unele amphipode, izopode, acarieni acvatici, ce ajung pînă la

5 mm, în funcție de mărimea spațiului în care trăiesc. Ritmul de viață este lipsit de periodicitatea sezonieră, condițiile de mediu fiind foarte constante, fără fluctuații sezoniere, ceea ce determină reproducere continuă.

Lipsa luminii a determinat dispariția ochilor și depigmentarea. Regresia ochilor a avut loc treptat în cursul evoluției; unele animale pot avea ochi nefuncționali, altele au corneea opacă sau umoarea apoasă înlocuită cu țesut conjunctiv până la dispariția totală a ochilor și regresia nervului optic. Regresia ochiului are loc și în ontogenie, larvele unor animale au ochi funcționali, adulții sunt lipsiți de ochi. Lipsa ochilor este compensată de dezvoltarea simțului tactil, la unele animale, lungimea antenelor depășind-o pe cea a corpului. Este hipertrofiat și simțul olfactiv. Sunt animale lucifuge, percep lumina cu ajutorul tegumentului. Temperaturile constante le fac să fie stenoterme. Concentrația scăzută de  $O_2$  a determinat apariția unor adaptări, cum ar fi: dubla respirație - branhială și tegumentară, pulmonară și tegumentară etc. Umezeala ridicată permite unor animale să trăiască și în golurile lipsite de apă.

Emil Racoviță (1907) împarte organismele din mediul subteran, în special cel cavernicol, în funcție de gradul de adaptare la acest mediu, în:

- organisme troglobionte (*trog* gr. = peșteră) – care trăiesc permanent în acest mediu;
- organisme troglofile – preferă acest spațiu în anumite stadii de dezvoltare, în stadiile mature populând habitate de suprafață;
- organisme troglaxene – ajunse întâmplător sau care se refugiază temporar în subteran.

Stigobiologia studiază fauna acvatică din apele subterane, utilizând cuvintele derivate de la “*stigos*” – rîul din infern (organisme fiind stigobionte, stigofile și stigoxene (Gibert și colab., 1994).

## 4.2. Ecosisteme cu ape curgătoare – mediul lotic

### I. Izvoarele

Izvorul reprezintă locul din scoarța terestră prin care apa subterană din pînza freatică iese la suprafață. Se formează, în general, la intersecția stratului acvifer cu suprafața uscatului. Apa este săracă în  $O_2$ , bogată în  $CO_2$ , mai ales sub formă de bicarbonat. pH-ul este în general neutru, se alcalinizează prin pierderea  $CO_2$  pe traseul parcurs spre suprafață. Temperatura este de obicei mai mare decît a atmosferei iarna și mai mică, vara.

Există mai multe criterii de clasificare:

**1. după cinetica apelor** determinată de structura geologică a substratului și poziționarea stratului acvifer izvoarele pot fi:

- **ascendente**, cu origine în apele subterane de adîncime, care datorită presiunii hidrostatice și structurii geologice urmează un traseu ascendent și ies la suprafață mai ales în regiunile cutate de falie, avînd debit constant; pot fi:
  - a) izvoare de carst;
  - b) izvoare arteziene;
  - c) izvoare de falie;
  - d) izvoare de strat.
- **descendente**, la care apa urmează un traseu descendent datorită pantei și forței de gravitație, pînă ce stratul acvifer se intersectează cu suprafața pămîntului, unde ies la suprafață; pot fi:
  - a) izvoare monoclinale, formate în zone cu o succesiune de straturi care au aceeași înclinare, în același sens;
  - b) izvoare anticlinale, situate în partea convexă sub formă de boltă a unei cute geologice din scoarța terestră;
  - c) izvoare sinclinale, formate în scoarța terestră unde cutele substratului geologic sunt concave (sub forma de albie);
  - d) izvoare de vale;

- e) izvoare de grohotiș;
- f) izvoare de alunecare;
- g) izvoare de zonă depresionară.

## 2. după modul de curgere al apei în momentul ieșirii la suprafață:

- **reocrene**, ce părăsesc stratul acvifer în pantă rezultând un pîrîu mic, care confluează cu un alt pîrîu pentru a forma un rîu;
- **limnocrene**, ce formează un mic bazin la locul de ieșire cu fund mîlos sau nisipos bogat în vegetație, din care se desprinde un mic pîrîiaș;
- **heleocrene**, ce apar la suprafață sub formă de firișoare de apă care se dispersează pe o suprafață mare și dau naștere la o mlaștină din care se scurge un pîrîiaș; pot seca în anotimpul cald.

## 3. alte tipuri de izvoare:

- **izvoare intermitente**, caracteristice regiunii calcaroase, fiind țîșnituri intermitente de apă; se compun dintr-o grotă cu un sifon de alimentare și unul de evacuare, de dimensiuni diferite, cel de evacuare mai mic; exemple ar fi: izvorul Bujor pe Valea Poșăgii, sau cele intermitente de apă minerală sau izbucurile din Munții Apuseni, Valea Someșului Cald;
- **izvoare termale** (geotermale) cu ape ce au temperatura între 20°C și pînă peste 50°C, determinată de căldura din structurile geologice sau activitățile vulcanice; au o floră și faună de tip stenoterm pentru temperaturi ridicate; în țara noastră mai cunoscute sunt cele de la Herculane sau de la Oradea, acestea din urmă fiind considerate relice terțiare;
- **izvoare vocluziene**, caracteristice regiunilor calcaroase a căror ape dispar la un moment dat pentru a apărea în alt sector, mai jos.

Comunitățile de plante și animale din izvoare pot fi:

- crenobionte (*krene* gr. = izvor);
- crenofile;
- crenoxene, mai ales pentru izvoarele limnocrene.

**II. Ecosisteme higropetrice (habitate madicole)**, reprezintă scurgeri de apă pe suprafața stîncilor sub forma unor perdele de apă, populate de organisme cu o serie de adaptări specifice.

**III. Torenti și cascade**, primele cu caracter temporar formate în timpul viiturilor sau al topirii zăpezilor.

## IV. Pîraie, rîuri, fluvii

Fac parte din categoria ecosistemelor acvatice caracterizate prin deplasarea permanentă unidirecțională a apei, de la izvor spre vărsare (în alt rîu, lac, mare, ocean). În general au caracter permanent, dar în zona tropicală și subtropicală pot seca în anotimpul secetos. Sunt în general epicontinentale sau ape de suprafață, dar uneori cursul unui rîu poate deveni subteran pe anumite porțiuni, în zone cu substrat calcaros (de exemplu Someșul Cald în zona de izvor) existînd și rîuri subterane (cum ar fi rîul care curge sub Deșertul Namibiei).

Deplasarea apei se face printr-o depresiune numită albie, datorită forței gravitaționale și caracteristicilor reliefului din zona pe care o străbate, din cele muntoase spre cîmpie, unde există o diferență de altitudine precum și datorită unor proprietăți ale apei (coeziune moleculară și greutate specifică). Ramura limnologiei care studiază rîurile se numește potamologie (*potamos* gr. = rîu; *logos* gr. = știință, studiu), în sens larg. În sens restrîns, potamologia studiază procesele care se desfășoară pe porțiunea din cursul inferior al rîurilor, cu meandre, în lunca inundabilă (fig. 4.2.).

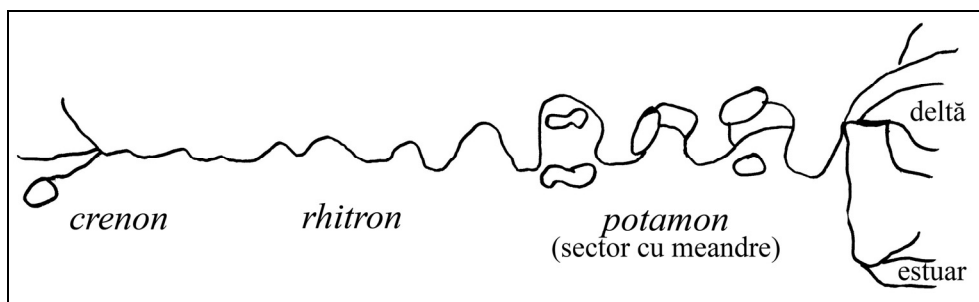


Fig. 4.2. Localizarea potamonului în lunca inundabilă a râurilor (din Ramade, 2002)

Înainte de prezentarea caracteristicilor fizice, chimice și biotice, este necesară definirea bazinului de drenaj, ca unitate fundamentală prezentă chiar și în cazul celor mai mici bazine acvatic, cu rol mare în managementul râurilor, lacurilor etc. Fiecare bazin acvatic, indiferent că este de tip lotic sau lentic, mare sau mic, are un anumit bazin de drenaj - care poate fi definit ca suprafața de teren în interiorul căreia toate apele de suprafață sau subterane curg sau se deplasează spre un anumit bazin acvatic: râu, lac, pârâu etc. Este unitatea fundamentală în studiul ecosistemelor acvatice continentale, orice modificări în orice zonă a bazinului de drenaj având urmări asupra ecosistemului acvatic. Rolul cel mai mare al cunoașterii caracteristicilor bazinului de drenaj se manifestă în procesele de management ale ecosistemelor acvatice. De exemplu, este foarte important să se cunoască cât mai multe date despre bazinul de drenaj al unui râu pe care urmează a se construi un lac de baraj. Acest lucru se realizează în scopul prevenirii unor fenomene de eroziune și alunecări de teren, în primul rând care ar accelera procesul de colmatare al lacului. Este valabil și în situația construirii unor drumuri, căi ferate, poduri sau a altor elemente de infrastructură în interiorul unui bazin de drenaj.

Caracteristicile bazinului de drenaj sunt determinate de următorii factori:

- așezarea geografică, ce determină în primul rând un anumit tip de climă cu toate aspectele ei: precipitații, cantitate și calitate (ploi sau zăpezi), temperaturi medii, minime și maxime în funcție de numărul de anotimpuri, vânturi etc., toate influențând apele de suprafață existente într-o anumită zonă geografică;
- natura substratului geologic din interiorul bazinului de drenaj, ce determină în primul rând proprietățile fizice și chimice ale apelor dintr-un anumit tip de bazin acvatic, granulometria și în ultimă instanță tipul de organisme acvatice care se vor dezvolta, dar și intensitatea proceselor de eroziune;
- relieful, ce influențează la rândul său direct sau indirect proprietățile unui râu sau lac, gândindu-ne numai la diferențele climatice existente între munte și câmpie, tipul de vegetație și gradul de acoperire al acesteia etc.;
- numărul de locuitori și ocupațiile acestora;
- prezența unor obiective economice și industriale, ce sunt la rândul lor factori care influențează apele existente în interiorul unui bazin de drenaj;

Structura bazinelor de drenaj este foarte diferită de la un bazin acvatic la altul. Pentru exemplificare, prezentăm tipuri de bazine de drenaj pentru pârâiele de munte, în funcție de structura rețelei hidrografice (fig. 4.3.).

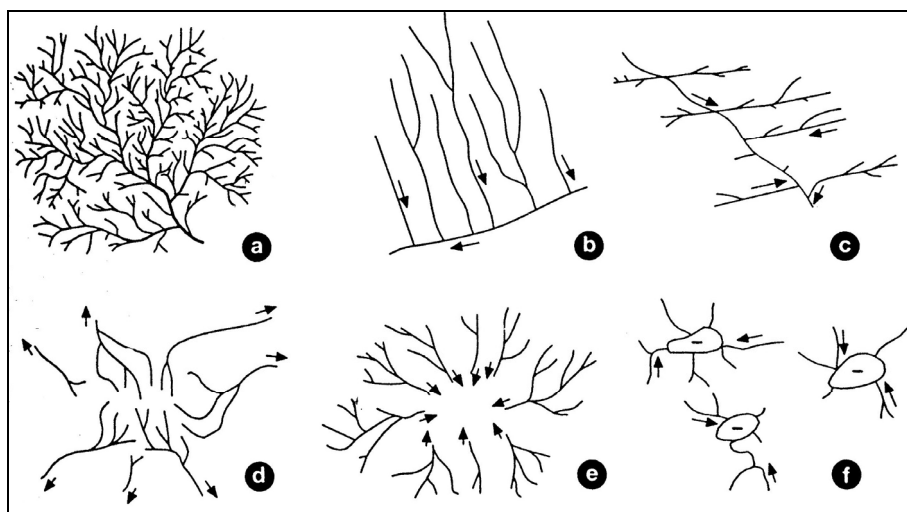


Fig. 4.3. Tipuri de bazin de drenaj în funcție de rețeaua hidrografică (a – dendritic; b – paralel; c – rectangular; d – centrifugal; e – centripetal; f – pe suprafețe puternic erodate) (după Marchetti și Panizza, 2003)

### Principalele caracteristici ale apelor curgătoare:

#### I. Parametrii fizici:

**I.1. Adâncimea** variază în funcție de mărime, de la câțiva centimetri în cazul pâraielor, la zeci de metri în cazul fluviilor. Datorită adâncimii mici, presiunea hidrostatică este în general nesemnificativă. În aceeași porțiune a unui râu pot exista zone cu depuneri mari de sedimente (vaduri, cu apă puțin adâncă) și gropi de eroziune, cu apă adâncă, determinată de natura substratului, viteza de curgere și debit (Hauer și Lamberti, 2007) (fig. 4.4.).

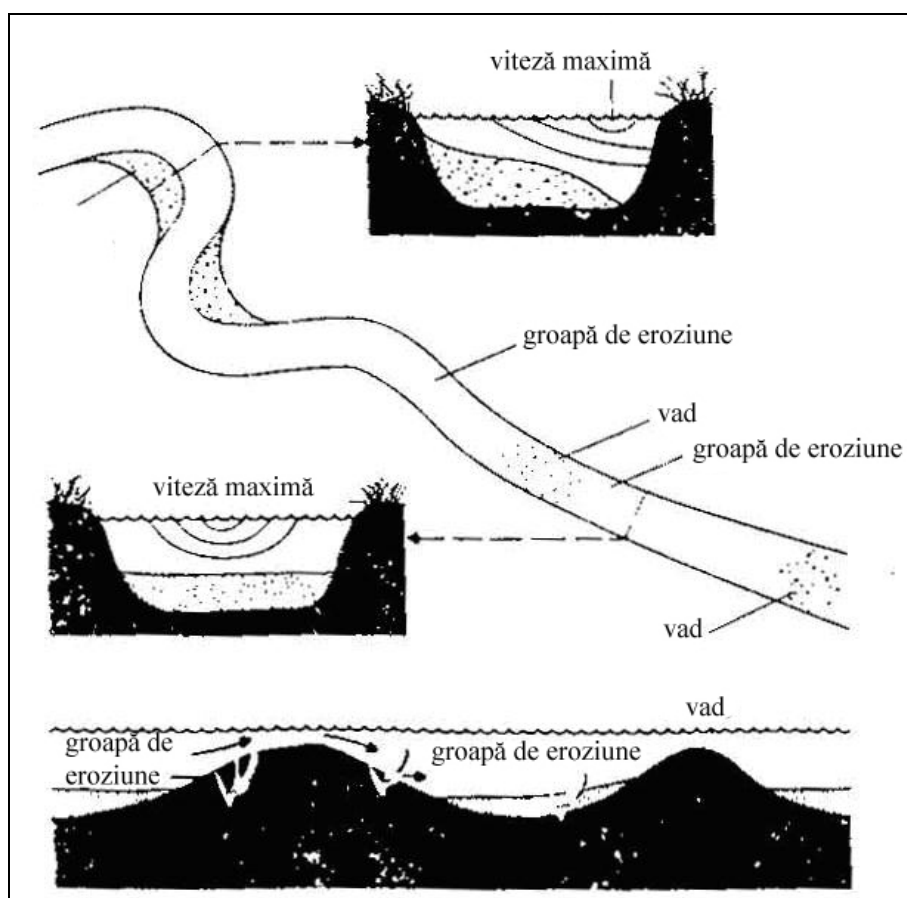


Fig. 4.4. Relația dintre viteza apei și unele elemente structurale din albia râului: vadurile (porțiuni cu apă mică) și gropile de eroziune (după Horne și Goldman, 1994)

**I.2. Lățimea** depinde de debitul apei și natura substratului, fiind de ordinul metrilor până la km, în cazul fluviilor, înainte de vărsare. Lățimea variază chiar în același loc în funcție de viituri sau inundații.

**I.3. Lungimea râurilor** este foarte variată de la câțiva kilometri până la sute sau mii de kilometri.

**I.4. Regimul hidrologic** are mai multe caracteristici:

**I.4.a. tipul de alimentare cu apă** în funcție de sursa sau sursele de alimentare cu apă a râului, determinat în primul rând de tipul de climă (influențat de așezarea geografică pe latitudine și altitudine), dar și de natura substratului.

În funcție de sursele de alimentare cu apă ale râurilor și oscilațiile sezoniere ale debitului, determinate de factorii climatici (precipitațiile, în primul rând) se deosebesc două categorii:

- râuri cu regim simplu de alimentare, alternând anual o perioadă cu debite mari, provenite din precipitații cu o perioadă cu debite reduse în zone cu 2 anotimpuri;
- râuri cu regim complex care se alimentează din precipitații, ghețari, ape subterane, cu debite variabile în timpul anului, în funcție de factorii climatici.

Lucrurile sunt mult mai complicate în realitate, existând o serie întreagă de situații diferite, alimentarea cu apă făcându-se din diverse surse, variabile în cursul anului, cu dominarea uneia sau alteia sau în proporții egale. Astfel, în România după Ujvari (1959), există patru categorii sau tipuri de râuri în funcție de sursa de alimentare cu apă:

- râuri cu alimentare nivală-moderată (nival = topirea zăpezilor) și cu alimentare subterană moderată (râurile din zona montană a Munților Bucegi, Făgăraș, Rodna);
- râuri cu alimentare nivo-pluvială (pluvial = ploi) și alimentare subterană moderată, deci cu alimentare din ploi, zăpezi și apa freatică (râurile Olt și Mureș);
- râuri cu alimentare nivo-pluvială și alimentare subterană bogată (râurile din depresiunile Ciuc, Gheorgheni, Bîrsei etc.);
- râuri cu alimentare pluvio-nivală cu alimentare subterană moderată, deci cu alimentare mixtă, dominată de apa provenită din ploi, la aceasta categorie încadrându-se majoritatea râurilor din România care curg din zona montană (1600 m) spre cea de câmpie (400 m).

Precipitațiile sub formă de ploaie, zăpadă, alături de pînza de apă freatică (subterană) constituie sursele de alimentare cu apă ale râurilor. Cantitatea medie anuală de precipitații, necesară pentru menținerea permanentă a unui râu variază în funcție de latitudine și altitudine, deci de zona climatică. Astfel, în zona temperată este nevoie de  $>250 \text{ mm/m}^2$ ; pentru zona tropicală  $>500 \text{ mm/m}^2$ , iar pentru cea subtropicală  $>700 \text{ mm/m}^2$ . Mărimea bazinului de drenaj variază mult, de la mii de  $\text{km}^2$ , până la câțiva  $\text{km}^2$ , în funcție de râul la care ne raportăm, de exemplu, afluenți din zonele de munte sau râuri cu foarte mulți afluenți care străbat zone geografice diferite, cum este Amazonul.

**I.4.b. debitul** care influențează toți factorii fizici, chimici și biotici ai apelor curgătoare; poate fi lichid, evaluat în L/s sau în  $\text{m}^3/\text{s}$ , variabil în funcție de zona geografică (factorii climatici), de la un râu la altul sau chiar în același râu în funcție de porțiunea la care ne raportăm: curs superior, mijlociu sau inferior; sau în funcție de intervalul de timp situat între sau în timpul viiturilor.

Debitul lichid global al apelor curgătoare de pe Terra în cursul unui an este estimat între 37.000 și 40.000  $\text{km}^3$ . Factorii care influențează debitul lichid al râurilor sunt factorii climatici, care determină debite mici în regiunile polare cu pod de gheață aproape permanent, debite variabile în zona temperată în funcție de anotimp și respectiv debite mari în regiunile ecuatoriale cu cantități mari și constante de ploi. Fluviile cu cele mai mari debite de pe glob



sunt Amazon, Congo, Mekong etc. Există și un debit al substanțelor dizolvate în apă, ca și debitul solid care se referă la particulele solide antrenate de apele curgătoare, minerale sau organice, precum și biodebitul care se definește prin organismele care trăiesc sau sunt transportate de apele curgătoare.

**I.4.c. viteza apei (m/s)** este determinată de relieful zonei, particularitățile albiei, de lățimea și adâncimea râului și de debit.

Viteza apei râurilor scade din amonte spre aval, datorită micșorării pantei și creșterii lățimii, care măresc frecarea de substrat. Deplasarea sau curgerea apei are loc în toată masa ei, dar cu viteză diferită: mai mică în zona malurilor și pe fundul albiei, datorită frecării și mai mare în zona medială, undeva sub suprafața apei (fig. 4.4.). Mai mult, viteza de curgere poate fi diferită în aceeași porțiune a unui râu, în funcție de natura substratului: pe cursul superior de exemplu, în caz de substrat bolovănos, cursul este turbulent cu viteze mari, depășind 5 - 6 m/s la praguri și cascade. În aceeași zonă pot apărea microzone calme, cu o viteză de curgere mai mică. Pe cursul inferior, în zone de câmpie, viteza este mică, de 1 m/s, crescând la viituri până la 2 - 3 m/s.

Viteza curentului de apă elimină orice stratificare a apei în râuri, determinând amestecarea și omogenizarea apelor din punct de vedere termic, gazos și salin. Acest lucru determină o serie de adaptări pentru organismele care se dezvoltă în zone cu curgere rapidă (biotop lotic), dominat de elemente bentonice; și în cele cu curgere lentă unde pot apărea și forme planctonice (potamoplancton). Adaptările organismelor vizează modul lor de deplasare sau de fixare pe substrat, forma corpului sau a “căsuțelor” în care trăiesc, cerințe diferite pentru O<sub>2</sub>, rezultând o distribuție diferențiată a organismelor în funcție de viteza apei.

Viteza apei, combinată cu debitul, determină marea putere de eroziune a apei, evidentă mai ales în zona malurilor și mai ales la marile viituri. Este un proces permanent, având loc în plan orizontal și vertical, determinând o dinamică extraordinară a albiei. Leonardo da Vinci spunea că: *“Apa care o atingi, în râuri, este ultima din cea care a trecut și prima din cea care vine”*, iar Heraclit, referindu-se la modificările cauzate de viituri în râuri spunea că *“Nu poți călca de două ori în același râu”*.

**I.5. Temperatura** apelor curgătoare este determinată de zona climatică în funcție de așezarea geografică, de sursa de alimentare cu apă, de adâncimea apei și de lățime, fiind influențată de temperatura aerului și a substratului. În general, temperatura crește de la izvor spre vărsare, având valori mai mici pe cursul superior și mai mari pe cel inferior. Există diferențe și în aceeași porțiune între zona malurilor cu apă de mică adâncime și cea centrală, respectiv de la un mal la altul, în funcție de tipul de vegetație și de gradului de acoperire cu vegetație. S-a demonstrat că zona umbrită are temperaturi mai scăzute decât cea însorită (fig. 4.5.). Datorită mișcării continue a apei, nu are loc stratificarea termică a apei în râuri, eventual, poate să apară pe cursul inferior, cu ape mai adânci și curgere mai lentă, însă este de scurtă durată, de ordinul zilelor. Valorile minime și maxime depind de climă, sezon, altitudine, latitudine etc.

În zona temperată, valorile maxime sunt vara (25 - 28°C) și minime iarna, când pot avea loc fenomene de îngheț (gheață la mal, curgere de sloiuri sau pod de gheață) în intervalul decembrie - martie, cu foarte multe variații în funcție de oscilațiile climei. În cazul instalării podului de gheață pot apărea fenomene de hipo- și anoxie, cu acumulări de CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S, ce pot influența organismele acvatice.

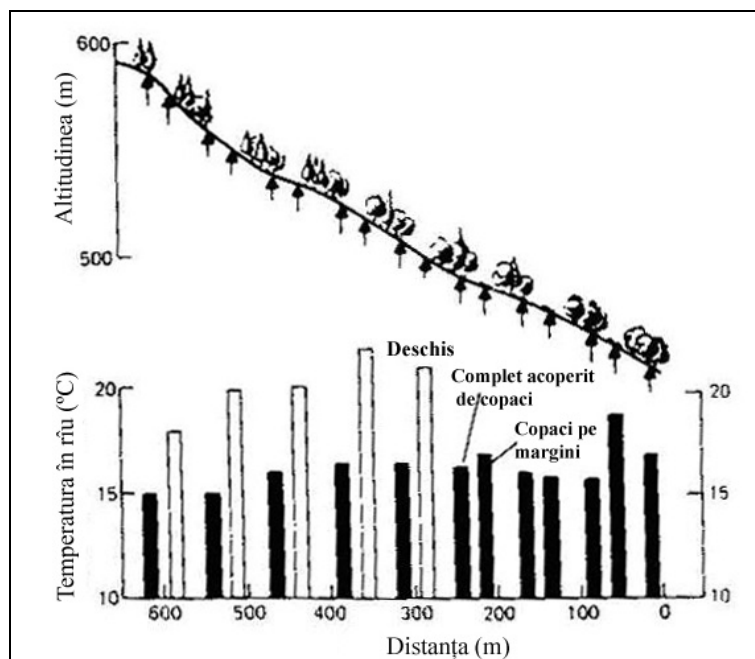


Fig. 4.5. Efectul umbririi asupra temperaturii apei în râuri (după Horne și Goldman, 1994)

**1.6. Transparența** apei este determinată de natura substratului (granulometrie), de debit și viteza curentului, acestea din urmă fiind determinate de variațiile climatice. În general, în apele curgătoare, transparența scade de la izvor spre vărsare. Excepție este, de exemplu Crișul Repede, care izvorăște din depresiunea Huedinului pe substrat de nisipuri-pietriș, pentru ca pe cursul mijlociu să traverseze zonă de munte tipică, Vadul Crișului, situație în care atât natura substratului cât și transparența sunt diferite, abătându-se de la regula generală.

Transparența mare a râurilor de munte și a cursurilor superioare ale râurilor poate să se modifice rapid în cazul viiturilor când se formează torenți care antrenează cantități mari de bolovani, pietriș etc. din albie, dar și din bazinul de drenaj, în funcție de natura substratului, tipul de vegetație și gradul de acoperire, situație în care transparența se reduce foarte mult.

În general, pe cursurile inferioare, transparența este minimă datorită substratului, dar și cantității mari de material alohton antrenat de râuri din întreg bazinul de drenaj.

Există și o dinamică sezonieră a transparenței, cu scăderi accentuate ale transparenței la topirea zăpezilor și a ploilor de primăvară și valori maxime în anotimpul călduros.

Suspensiile solide, minerale și organice, care dau transparența apei au valori diferite de la un râu la altul sau de la o porțiune la alta a aceluiași râu, în funcție de natura substratului de sub albie și din bazinul de drenaj, gradul de acoperire cu vegetație în bazinul de drenaj, influența antropică (de exemplu defrișări asociate cu alunecări de teren), de factorii climatici (ploi torențiale) etc.

În funcție de cantitatea de suspensii, râurile se împart în patru grupe:

- cu suspensii reduse, între 1 și 100 g/m<sup>3</sup>;
- cu suspensii cuprinse între 100 și 200 g/m<sup>3</sup>;
- cu suspensii cuprinse între 200 și 900 g/m<sup>3</sup>;
- cu suspensii cuprinse între 900 și 1.200 g/m<sup>3</sup>.

În România s-a stabilit că există o corelație între turbiditatea apei râurilor și altitudinea medie a bazinelor lor de drenaj, acest lucru (altitudinea) determinând o anumită structură a substratului,

un anumit tip de sol, tip de vegetație, grad diferit de acoperire cu vegetație, precum și un anumit număr de locuitori, ocupații diferite, deci cu influență antropică diferită.

În zone cu șisturi cristaline în substrat, cantitatea de suspensii este  $< 100 \text{ g/m}^3$ ; în cele cu flis între  $250$  și  $1.000 \text{ g/m}^3$ , iar în câmpii între  $5.000$  și  $25.000 \text{ g/m}^3$ . Uneori, valori mari ale suspensiilor se pot înregistra și în zone de podiș sau piemont, mai ales la marile viituri în porțiunile cu pante mari și cu roci sedimentare, cu suprafețe mari lipsite de vegetație. Râurile pot transporta în cazul marilor viituri (inclusiv torenți temporari de munte) cantități mari de bolovani, stînci, dislocînd suprafețe mari din zona malurilor (albia majoră), ceea ce duce la schimbări semnificative ale albiei, determinînd o mare mobilitate și dinamică a albiei râurilor.

În zona de cîmpie, cursurile apelor sunt meandrate (fig. 4.2.), cu zone umede bine dezvoltate în lunca inundabilă a râurilor (potamon), aluviunile transportate fiind compuse din nisipuri, mîluri etc. Prezența zonelor umede din luncile inundabile ale râurilor contribuie la atenuarea dezastrelor provocate de viituri. În cazul în care zonele umede sunt drenate și asanate viiturile mari determină dezastre uriașe, fiind de obicei asociate și cu fenomene de defrișări și alunecări de teren.

## II. Proprietăți chimice:

**II.1. Substanțele anorganice dizolvate:** global, în apa râurilor domină cu  $\sim 60\%$  carbonații (bicarbonații); restul substanțelor anorganice sunt:  $10\%$  sulfati,  $5\%$  cloruri și  $25\%$  alte săruri.

După dominanța anionilor, apele râurilor se împart în patru clase:

- carbonatate, cu  $>50\%$  carbonați-bicarbonați (C);
- sulfatate, cu  $>50\%$  sulfati (S);
- clorurate, dominate de cloruri, dar cu valori mai mici (Cl);
- clasa râurilor mixte, unde sunt prezente toate tipurile de anioni fără ca unul dintre acestea să atingă  $50\%$ .

Fiecare clasă are trei grupe după predominanța echivalentă a ionilor de Ca și Mg, Ca și Na sau Mg și Na. În fiecare clasă se disting trei tipuri, în funcție de corelația dintre duritate și alcalinitate, notate cu I, II și III, deci apartenența unui râu se notează astfel: clasa C, grupa Ca,

$$\text{tip I} = C \frac{Ca}{I}.$$

După gradul de mineralizare (salinitate), râurile din România se împart în patru categorii:

- ape cu mineralizare redusă ( $< 200 \text{ mg/L}$ );
- ape cu mineralizare mijlocie ( $200 - 500 \text{ mg/L}$ );
- ape cu mineralizare ridicată ( $500 - 1.000 \text{ mg/L}$ );
- ape cu mineralizare înaltă ( $> 1.000 \text{ mg/L}$  sau  $1 \text{ g/L}$ ).

Cele mai multe râuri din Europa de Nord și Centrală se încadrează în clasa râurilor carbonatate, cu Ca, tip I-III. Mineralizarea apei râurilor din Europa crește de la nord spre sud-est, iar în Asia de la nord spre sud-vest. În același sens se schimbă și clasele de apă, de la cele carbonatate spre sulfatate în Europa, respectiv de la carbonatate spre clorurate în Asia.

În România,  $73\%$  dintre râuri fac parte din clasa celor carbonatate-bicarbonatate, cu mineralizare redusă, fiind cele din zone eruptive (Munții Gutâi, Țibleș, Rodnei, Apuseni), iar cele cu mineralizare ridicată din aceeași clasă străbat zone de cîmpie: Jijia, Bîrlad, Casimcea sau din Cîmpia Transilvaniei: Luduș și Comlod, cu substrat de marne, argile etc., bogate în calcar. Din clasa râurilor sulfatate fac parte râurile care străbat zone cu salinizare continentală: Bahlui, Huedin, reprezentînd doar  $3\%$  din totalul râurilor, fiind cu mineralizare ridicată încă de la izvor, dominate de grupa Ca și Mg, pentru a se dilua pe parcurs. Din clasa râurilor clorurate,

grupa Na, fac parte râurile care străbat zone cu zăcămintele de sare și sărături continentale: Slănic, Rîmnic, Tazlău, Troțuș, cu mineralizare foarte ridicată.

Gradul de mineralizare variază sezonier, diluându-se la viituri și concentrându-se între viituri. Cantitățile de azotați și fosfați variază în funcție de natura substratului, între limitele amintite la proprietățile chimice ale apei, cu variații în timp și spațiu, în funcție de sursele de alimentare cu apă, natura substratului, influența antropică.

**II.2. Substanțe organice dizolvate** care dau gradul de oxidabilitate ale apei râurilor, au o variație în timp și spațiu, în dependență cu sursele de alimentare cu apă, comunitățile de plante și animale și gradul de poluare organică. Există variații mari, de la 50 - 90 mg/L O<sub>2</sub> în râurile de munte și valori mici în cele poluate cu materie organică. Cantitatea de materie organică alohtonă crește mult la marile viituri.

**II.3. Duritatea apelor** depinde de gradul de mineralizare, în funcție de sursa de alimentare cu apă, natura substratului etc. Există variații mari în timp și spațiu, cu valori scăzute pe cursul superior și ridicate pe cel inferior. În zonele de munte, cu roci cristaline, duritatea este mică, pentru că râurile carbonatate cu mineralizare medie să dea valori de duritate medie și respectiv cele cu mineralizare înaltă, valori mari de duritate.

Se înregistrează variații sezoniere ale durității, cu valori minime în lunile calde și secetoase, când solubilitatea CO<sub>2</sub> scade și cu valori maxime în cele ploioase, când apele bogate în CO<sub>2</sub> dizolvă sărurile de calciu din substrat (albie și bazin de drenaj), rezultând astfel cantități mari de CaCO<sub>3</sub> și deci creșterea durității. Alături de temperatură, duritatea mai este influențată de pH-ul apei, condiționat la rîndu-i de fotosinteză.

**II.4. Regimul gazos al ecosistemelor acvatice** cu apă curgătoare este, comparativ cu cele stătătoare, mult mai favorabil dezvoltării comunităților de plante și animale. Excepție fac perioadele de pod de gheață sau cu fenomene de poluare organică accentuată, când crește cantitatea de CO<sub>2</sub> și scade, uneori, la valori de anoxie, cantitatea de O<sub>2</sub>. În afara acestor situații, gazele dizolvate înregistrează variații în funcție de temperatură, de mișcarea permanentă a apei, de adîncimea mică și prin urmare prezintă variații favorabile dezvoltării organismelor. Datorită acestor factori, exceptînd situațiile de pod de gheață și poluare organică excesivă, organismele din apele curgătoare au o toleranță mai redusă la scăderi mari ale cantității de O<sub>2</sub>, fiind mai sensibile la deficit de O<sub>2</sub>. Din acest motiv sunt foarte sensibile la poluarea organică, multe fiind fini indicatori ai calității apelor (alge, macronevertebrate bentonice, pești) și prin urmare fiind utilizate în programele de monitorizare.

CO<sub>2</sub>, respectiv sistemul CO<sub>2</sub>—H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>—Ca(HCO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>—CaCO<sub>3</sub> se află în echilibru în funcție de alcalinitate și pH, formînd sistemul tampon al mediului acvatic. CO<sub>2</sub> scade mult vara, datorită fotosintezei și crește iarna în lipsa fotosintezei și a descompunerii substanțelor organice în straturile profunde.

Radioactivitatea globală ( $\alpha + \beta$ ) poate avea rol limitativ în râuri în condițiile depășirii limitelor admise, avînd efecte mutagene sau letale.

#### **Structura bazinelor acvatice cu apă curgătoare**

Structura bazinelor acvatice cu apă curgătoare este determinată de interacțiunea factorilor fizici, chimici și biotici din albie și din bazinul de drenaj, existînd o structură în plan orizontal și una în plan vertical.

**Structura pe orizontală**, dinspre izvor spre vărsare, diferențiază cursul superior, mijlociu și inferior, cu o serie de trăsături specifice legate de: dimensiunile albiei, înguste și puțin adînci pe

cursul superior, foarte lată și mai adâncă pe cel inferior; de natura substratului și patul albiei compus din stînci, bolovani, pietriș în cursul superior și dominat de nisipuri și mîluri în cel inferior; temperatura apei este în general mai scăzută pe cursul superior și mai ridicată pe cel inferior; viteza de curgere a apei este mare, turbulentă pe cursul superior, și mică, meandrată pe cel inferior cu zone umede în lunca inundabilă (fig. 4.2.), cu praguri și cascade pe cursul superior etc. În general, diferențele dintre pîraie și râuri țin în primul rînd de mărimea acestora, ultimele sunt mai mari, mai largi și cu ape mai calde decît pîraiele, dar și de particularitățile albiei. Aceste diferențe determină caracteristicile comunităților de organisme din pîraie, râuri, fluvii.

#### Ierarhizarea afluenților

Fiecare râu are un anumit număr de afluenți, ierarhizați de la 1 la 12. Ierarhia afluenților constituie o altă interpretare a structurii în plan orizontal (fig. 4.6.). Fluviul cu numărul cel mai mare de afluenți este Amazonul, ce are afluenți de ordinul 12. Primele pîraie care izvorăsc sunt considerate de ordinul 1, acestea se unesc formînd afluenți de ordinul 2, cei de ordinul 2 se unesc rezultînd afluenți de ordinul 3 etc. (Strahler, 1957) (fig. 4.6.). Se disting astfel, după unii autori, trei porțiuni corespunzătoare la trei tipuri de râuri (Allan, 1995):

- râuri mici pe cursul superior, încadrînd afluenții de ordin 1 - 3, cu ape reci, crenon și parțial rhithron (fig. 4.2.);
- râuri de dimensiuni medii sau mijlocii, pe cursul mijlociu (rhithron), încadrînd afluenți de ordin 4 - 6;
- râuri mari, curs inferior – afluenți de ordinul 6 - 12, cu ape calde, curs meandrat, brațe moarte (potamon), cu delte și estuare pentru marile fluvii (fig. 4.2.)

Alți autori vorbesc de 2 porțiuni distincte, mai ales pentru râurile cu lungimi mai mici:

- ape sau râuri mici, albie redusă, adîncimi mici, viteză mare, substrat din bolovani, stînci, cascade, praguri, ape reci etc.
- ape sau râuri mari, cu albie largă, adîncă, cu substrat din nisipuri, mîluri, roci sedimentare, curgere lentă, meandrată, ape mai calde etc.

Albia minoră are și ea o structură în plan orizontal cu cele două zone (fig. 4.7.):

- zona malurilor, caracterizată prin procese intense de eroziune, ape cu adîncime mică, viteză mai mică de curgere etc.
- medialul, cu debit și viteză de curgere mai mare, adîncime mai mare etc.

**Structura în plan vertical** cuprinde albia minoră, care este canalul prin care apa râului curge la un moment dat și albia majoră, compusă din mai multe terase, notate dinspre albia minoră spre exterior cu I, II, III etc., întinzîndu-se pînă acolo unde ajunge apa râului la viiturile cele mai mari (fig. 4.7., 4.8. și 4.9.).

La nivelul substratului sau a fundului albiei minore se pot diferenția zone cu depuneri de sedimente și aluviuni, deci cu adîncimi mici (vaduri) și gropi de eroziune, cu adîncimi mari (fig. 4.4.).

Între concepțiile moderne referitoare la structura în plan vertical a râurilor amintim structura tridimensională a râurilor, după Fisher și colab. (1998) (fig. 4.8.) care subliniază faptul că râul trebuie conceput ca un sistem cu legături strînse și cu schimburi de apă, materie și energie, atît în plan orizontal, cu zonele umede ale râului (fig. 4.9.), cît și în plan vertical, cu zona hiporeică, dar și oblic, cu pînza de apă freatică.

#### **Concepții moderne în ecologia râurilor**

Structura apelor curgătoare este la vedere, fiind mai ușor de observat decît a lacurilor. Albia apelor curgătoare înregistrează o varietate deosebit de mare, începînd cu zona de izvor, continuînd cu pîraiele cu albie de bolovani sau stînci, mai mari sau mai mici care crează praguri, mici cascade, ape învolburate în zone de munte, dar și cu albie din roci sedimentare, în funcție de zona geografică și substratul geologic.

Caracteristic pentru acest tip de ape este: mișcarea maselor de ape de la izvor spre vărsare și intrarea de materie organică alohtonă din bazinul de drenaj, în general în cantități mult mai mari decât în cazul lacurilor.

În general, în pîraie de munte din zone împădurite, unde se adună cantități mari de materie organică alohtonă (ramuri, frunzele, semințele, fructele arborilor) se subliniază caracterul heterotrof al acestor pîraie, consumul de materie organică de origine alohtonă fiind mult mai mare decât ceea ce se produce. Dar există și situații în care vegetația submersă de mușchi, deci și perifiton bogat, determină producerea de materie organică autohtonă în pîraiele de munte.

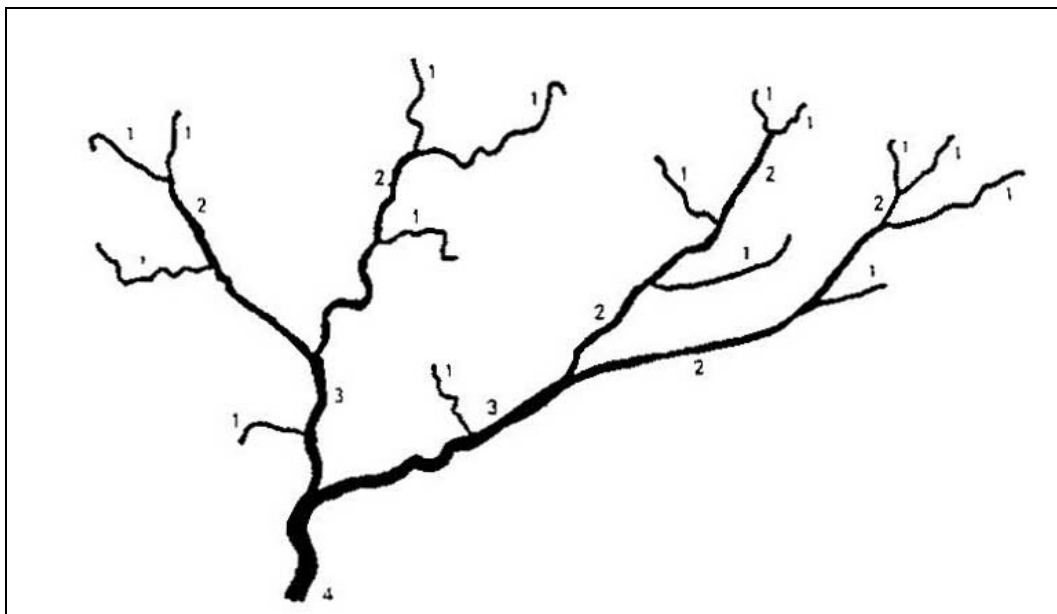


Fig. 4.6. Ierarhizarea afluenților (după Horne și Goldman, 1994)

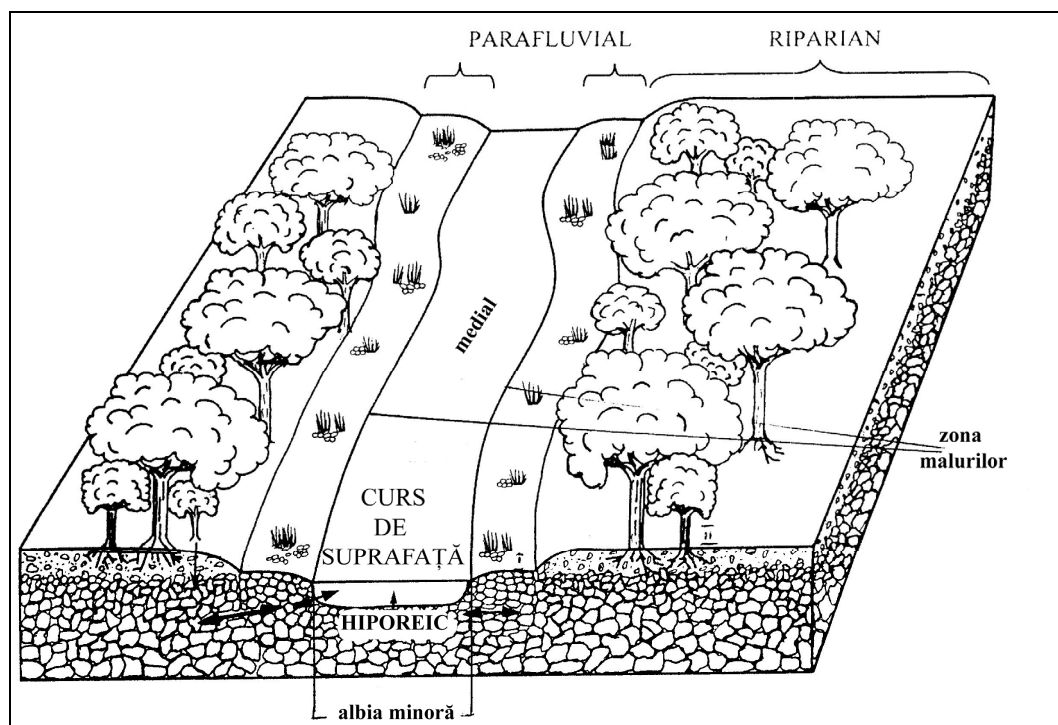


Fig. 4.7. Schema structurii pe orizontală a unui râu, în secțiune transversală

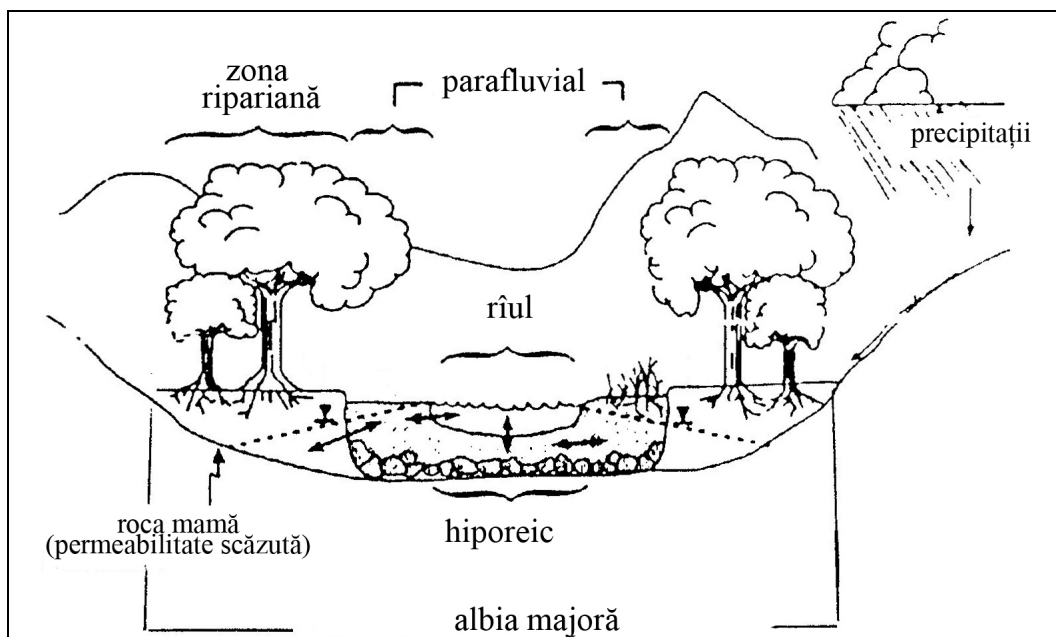


Fig. 4.8. Diagrama unui ecosistem lotic complex, în secțiune transversală, cu subsistemele componente: râul propriu-zis, zona hiporeică, zona parafluvială și zona ripariană; săgețile arată direcția interconexiunilor dintre subsistemele componente ale ecosistemului complex (modificat după Fisher și colab., 1998)

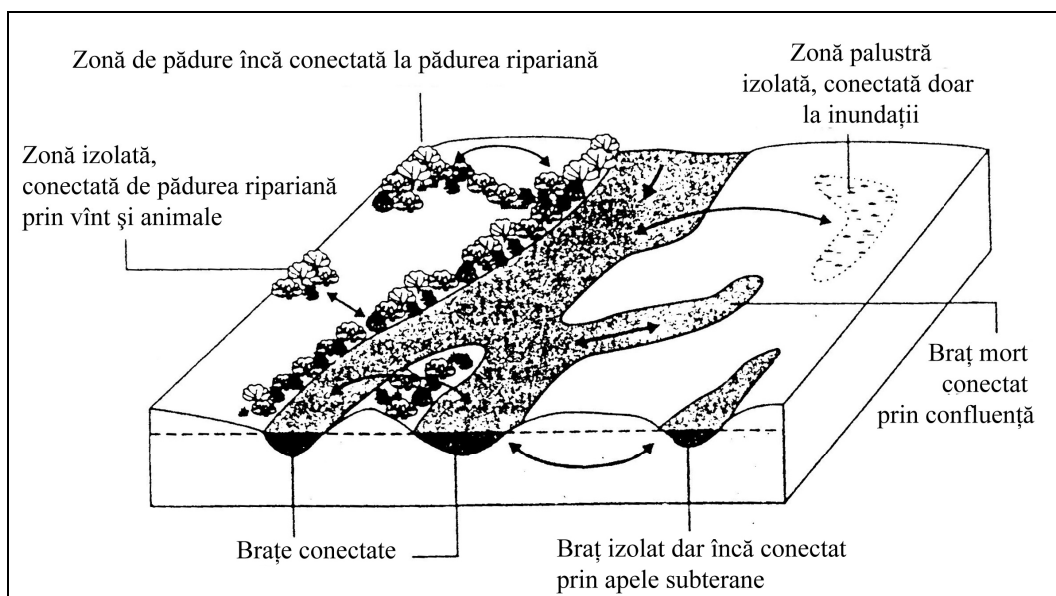


Fig. 4.9. Exemplu de conexiuni realizate de cursul principal al unui râu și zonele umede din lunca inundabilă (modificat după Ramade, 2002)

Dintre teoriile moderne în ecologia râurilor menționăm cea de **river continuum** (fig. 4.10.). Compușii organici și detritusul în pîraie, dar și în râuri joacă un rol mult mai mare decît în lacuri. În funcție de forma sub care se prezintă și de proveniența ei (autohtonă și alohtonă), materia organică din apele curgătoare poate fi:

- materie organică formată din particule (MOP), cu formele: MOPG (materie organică formată din particule grosiere, cu mărimi  $> 1 \text{ mm}$ ) și MOPF (materie organică formată din particule fine, cu mărimi  $< 1 \text{ mm}$ ), constituită din frunze, resturi de ramuri, tulpini, fructe de origine alohtonă, din zona malurilor sau a bazinului de drenaj.
- materie organică dizolvată (MOD), provenită din ceea ce se dizolvă din prima categorie, dar și din excreții, secreții ale organismelor acvatice sau din alte surse, alohtone, prezentă atît pe cursul superior cît și pe cel mijlociu și inferior, vehiculată și de afluenți.

În pîraie, materia organică sub formă de particule grosiere (MOPG) este degradată de acțiunea unor animale și bacterii, la MOPF și MOD. Bacteriile și ciupercile, în special, produc enzime care atacă celuloza și lignina: bacteriile mai ales enzime celololitice și fungii din grupul *Hyphomycetes* pentru lignină, acționînd chiar iarna la temperaturi scăzute. Din frunze, tulpini, ramuri, fructe se formează detritusul – componentă de bază cu rol funcțional în nutriția nevertebratelor bentonice, dominante în bentosul pîraielor și rîurilor; peștii sunt legați mai mult de masa apei. Sunt prezente în număr mare larve de insecte: trichoptere, plecoptere, efemeroptere, coleoptere, odonate, diptere, dar și oligochete acvatică, nematode, acarienii acvatici, crustacee, moluște, gastropode, care consumă tipuri diferite de hrană.

Grupele funcționale după tipul de hrană și modul de hrănire sunt: erbivore – răzuitori sau raclatori, fărâmițatori, filtratori și colectori, respectiv prădători – carnivorele (fig. 4.11.). Erbivorele se hrănesc cu perifiton (alge, bacterii, fungi), se înțelege că plantele macrofite pot fi consumate direct sau pe acestea se formează perifitonul, consumat chiar de către unii pești, în special de puietul de pește. Fărâmițatorii (*shredders*), care au aparat bucal pentru rupt, sfărîmat și mestecat, reprezentați de crustacee, gastropode, plecoptere, trichoptere, ingerează bucăți din frunze, fructe, parțial fragmentate sau fărîmițate. Raclatorii sau răzuitorii (*scrapers*) răzuiesc perifitonul sau bioderma de pe suprafața elementelor din substrat sau părți din macrofite. Unii colectori și filtratori filtrează apa și rețin MOPF, dar și bacterii, alge microscopice. Prădătorii, carnivore răpitoare reprezentate de larve de coleoptere, odonate, chironomide, pești sau chiar unele păsări, se hrănesc cu larve de insecte din apă sau cu alte nevertebrate (Hauer și Lamberti, 2007).

Cunoscînd aceste lucruri putem reveni la una dintre concepțiile moderne pentru apele curgătoare: *river continuum* (Vannote și colab., 1980), care are la bază acest gradient de continuu, de natură fizică de la izvor la vărsare, asociat cu procesele integratoare determinate de aceste categorii funcționale (fig. 4.10.). Trecerea de la cursul superior spre cel mijlociu și inferior se face treptat, fără a se fragmenta rîul în mai multe părți.

Deci, structura și funcția comunităților bentonice din apele curgătoare sunt reglate de-a lungul unui gradient de materie organică autohtonă și alohtonă. Conform acestui principiu, în zona de izvoare, pîraie, dominate de MOPG și MOPF alohtone, rîul este heterotrof, consumul depășește cu mult producția ( $P/R < 1$ ). Dintre grupele funcționale din această zonă domină: fărâmițatorii, raclatorii, colectorii și mai puțin erbivorele sau prădătorii. În cursul mijlociu, pe măsură ce albia se mărește pe seama afluențelor, se dezvoltă comunități algeale sau chiar macrofite, domină colectorii și filtratorii, erbivorele și mai puțin fărâmițatorii sau prădătorii, astfel că în această porțiune rîul devine autotrof, ( $P > R$  sau  $P/R > 1$ ). Pe cursul inferior dominat de colectori (filtratori) și prădători, uneori revine caracterul heterotrof ( $P/R < 1$ ), datorită în primul rînd aportului alohton foarte mare din întreg bazinul de drenaj.

Conceptul de *river continuum* se aplică bine în zona temperată și mai puțin în cea arctică sau deșertică (rîurile pot seca), unde lipsește aportul de material alohton. Acest lucru este valabil numai pe rîurile unde nu există baraje, care duc la fragmentarea habitatelor.

**Driftul** este o altă teorie actuală (Waters, 1972), reprezentînd un fenomen caracteristic organismelor bentonice din apele curgătoare (aproape toate categoriile de nevertebrate acvatice, alături de alge și particule de detritus), care la un moment dat părăsesc substratul și se ridică în masa apei, antrenînd și particule de detritus. Are loc o deplasare pe kilometri în aval, posibil pentru obținerea de noi surse de hrană, de obicei cu maxime de noapte și minime de zi, pentru a se proteja de prădători. Mișcările sunt combinate: active și pasive, pe orizontală și verticală. Acest lucru nu presupune depopularea habitatelor acvatice din anumite zone, iar fenomenul ce contrabalansează această deplasare înspre aval este zborul de compensație pe care îl execută adulții care emerg în zone din aval și zboară înspre amonte pentru depunerea ouălor. Driftul poate fi: continuu, cu intensități mici, comportamental, cu maxime de noapte și catastrofic, în timpul viiturilor (Avram și Cîmpean, 2011).



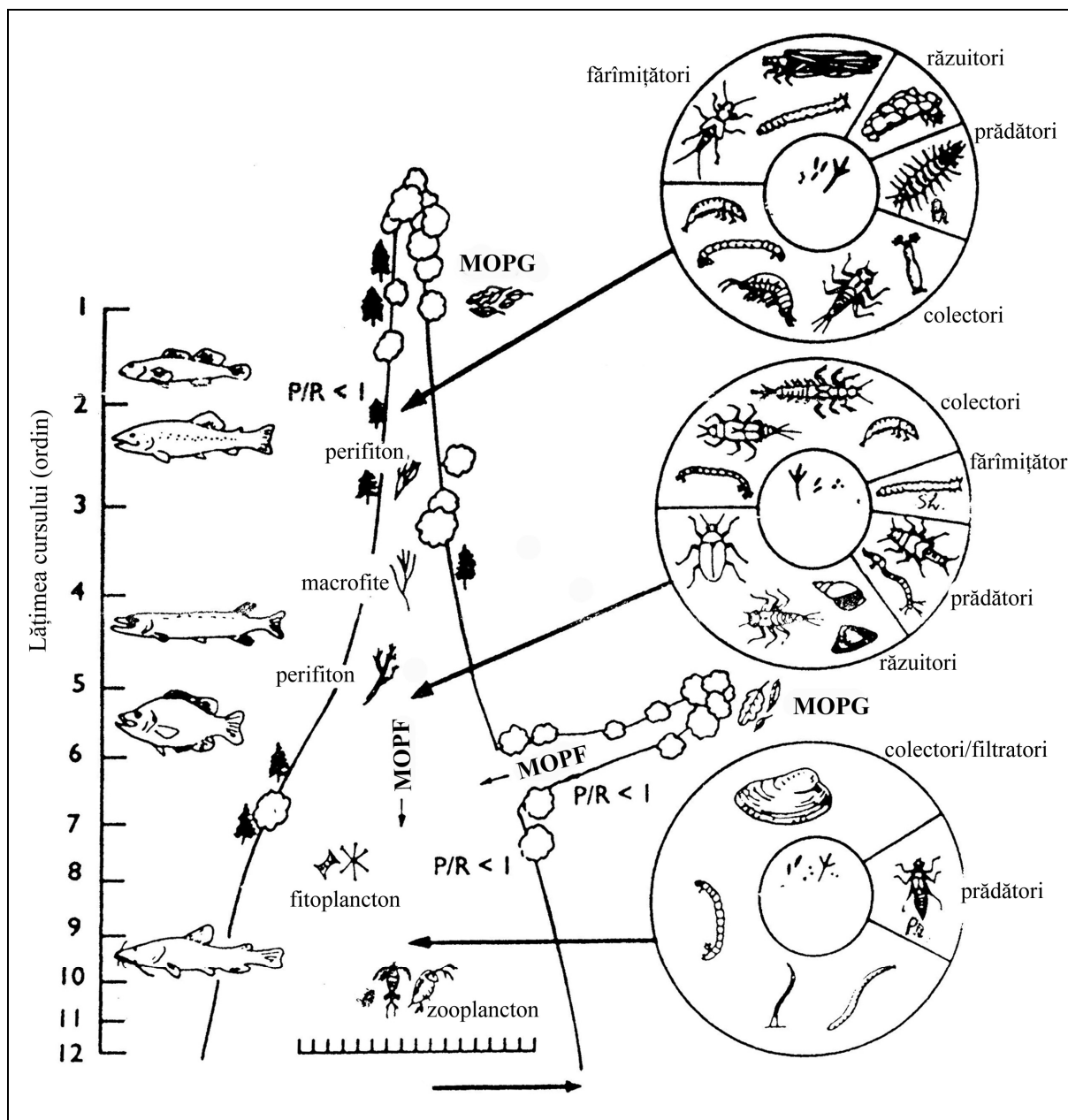


Fig. 4.10. Schema generală care ilustrează conceptul de *river continuum* (**P** – producție; **R** – respirație; **MOP** – materie organică formată din particule; **MOPG** – materie organică formată din particule grosiere; **MOPF** – materie organică formată din particule fine (din Vannote și colab., 1980)

**Spiralarea nutrienților** este caracteristică apelor curgătoare, se referă la particularități ale circuitului bio-geo-chimic. De exemplu, un atom de fosfor (P) utilizat de o algă în fotosinteză este înglobat în materia organică produsă de aceasta. Pînă să ajungă din nou în stare minerală, acest atom poate parcurge o distanță considerabilă în apa curgătoare de-a lungul unei spirale de diverse forme datorită mișcării apei, spre deosebire de lac, unde procesul se desfășoară aproape în același loc. Același atom parcurge o distanță în corpul animalului care a consumat alga sau sub formă de MOP, în altă porțiune din râu și respectiv în zonele umede adiacente unde spirala are particularități distincte (fig. 4.12.).

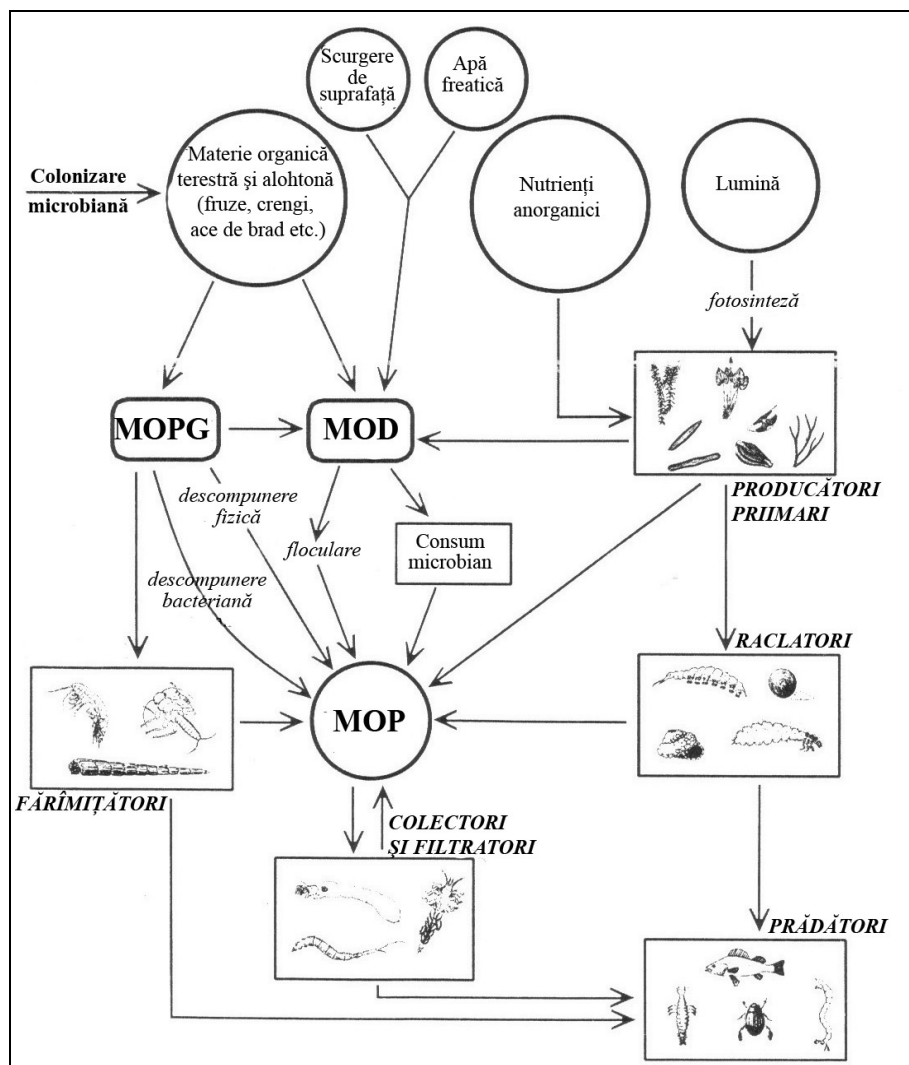


Fig. 4.11. Grupe funcționale de organisme în râuri

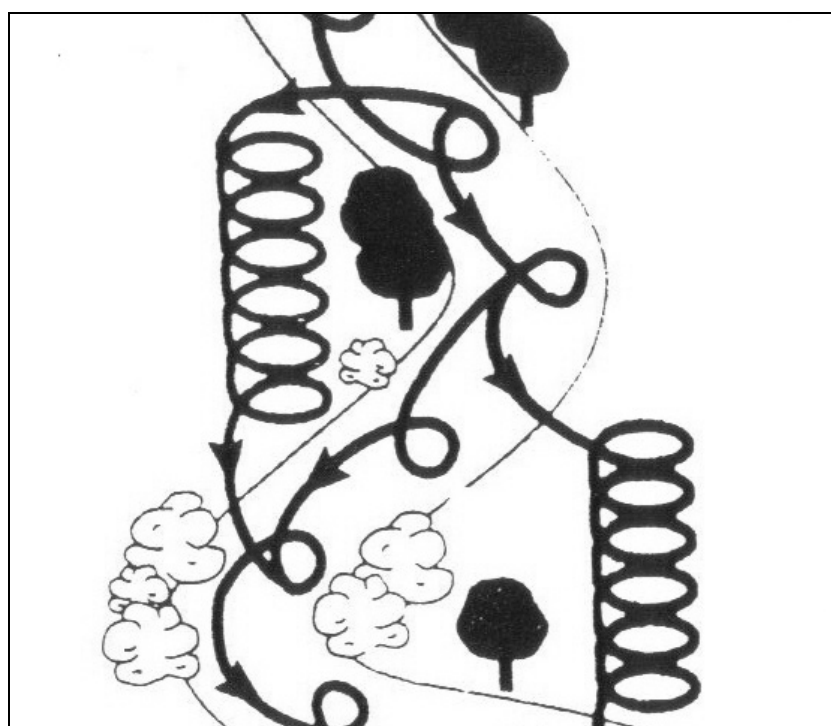


Fig. 4.12. Spiralarea nutrienților într-un râu cu două compartimente: râul propriu-zis și zonele umede asociate (modificat după Newbold și colab., 1983)

Structura fizică a albiei râului cu terasele pe care și le formează au determinat pe unii autori să compare râul cu **modelul telescopului** (Fisher și colab., 1998) (fig. 4.13.), miezul constituindu-l albia minoră, prin care curge râul la un moment dat și care are cel mai mult de suferit în cazul marilor viituri.

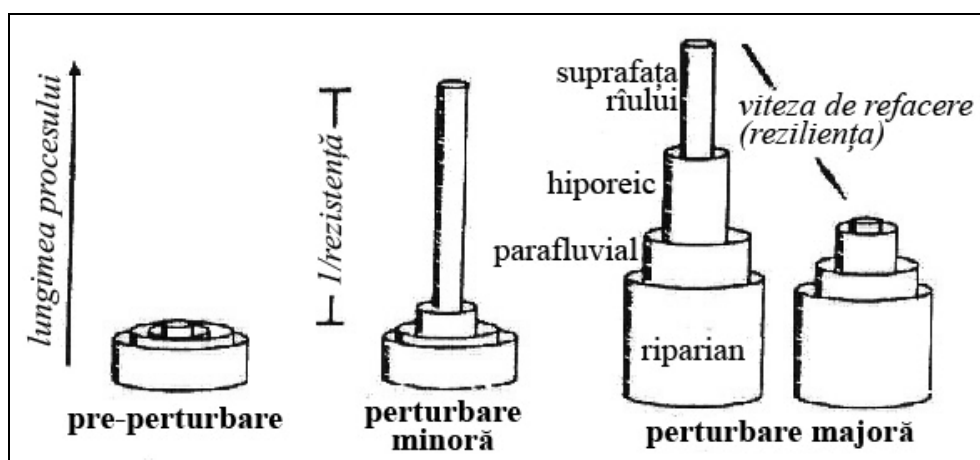


Fig. 4.13. Modelul telescopului (după Fisher și colab., 1998)

Un alt concept în ecologia râurilor este cel de **viitură**, anticipat de Antipa în 1910 și formulat ulterior de Junk și colab., (1989), subliniază că aceasta este factorul major care controlează zona inundabilă a râurilor (zone umede), unde procesele se desfășoară altfel decât în albia propriu-zisă. Botnariuc adaugă la acest concept rolul mare pe care-l are perioada când au loc inundațiile, atât pentru vegetația macrofită, cât și pentru producția de pește.

Subliniem numărul deosebit de mare de nișe ecologice existente în albia râurilor și a heterogenității habitatelor (microhabitate).

Zona hiporeică, situată sub albia râului este foarte variabilă ca adâncime, în funcție de substrat și adăpostește o faună diversă și interesantă.

Zonele umede au ca principală caracteristică variația mare a cantității de apă, adâncimile în general mici, mergând pînă la uscare completă în unele perioade ale anului, stratificare termică și chimică, în general, inexistentă. Elementul structural de bază în zonele umede este vegetația, adaptată unei anumite cantități de apă și unui hidroperiodism.

De asemenea, heterogenitatea spațială a habitatelor este foarte mare în funcție de variațiile cantității de apă, determinînd variații ale factorilor fizico-chimici și structura și funcțiile comunităților de organisme. O altă caracteristică este anoxia în zonele umede, în perioada inundării lor.

Estuarele sunt zone umede specifice, formate la vărsarea râurilor în mare, unde mareele sunt de amplitudine foarte mare iar deltele în cazul mărilor interioare cu marea de amplitudine mică. Structura fizică a estuarelor este determinată pe de o parte de mare prin amplitudinea și viteza valurilor, periodicitate și calitatea apei mării, iar pe de altă parte de curentul de apă dulce al râului. Densitatea și salinitatea diferite ale celor două ape, sărată și dulce, în momentul amestecării produc apa salmastră. Variații mari ale cantității de apă dulce adusă de râu modifică gradul de separare între apa dulce și sărată, precum și locul unde are loc această amestecare. În locul de amestecare al celor două tipuri de apă au loc procese fizice și chimice foarte diverse: diluare, dizolvare, amestecare, sedimentare, floculare, absorbție, adsorbție, fiind astfel o zonă cu productivitate foarte bogată. În zona estuarelor se crează suprafețe întinse de bălți sărate determinate de flux-reflux, adevărate creșe pentru multe animale marine sau terestre. Înălțimea mareelor determină morfometria estuarelor. Înălțimea maximă a fluxului de pînă la 12 m, crează un estuar sub formă conică sau de pîlnie.

## **Comunități de plante și animale din râuri**

**1. Din punctul de vedere al structurii biocenozelor sau comunităților**, domină bentosul, mai ales pe cursul superior și mediu, datorită structurii albiei, cu comunități epilitice, în primul rând, dar pot apărea și cele epipsamice și epipelice, epi- și endobentonice.

Plactonul (potamoplanctonul) apare doar pe cursul inferior, unde apa are adâncime mare și viteză de curgere redusă. Pe cursul superior și mijlociu există, în schimb, un tihoplancton format din elemente antrenate din bentos.

Bine reprezentat în apele curgătoare este nehtonul, reprezentat în primul rând de pești, dar și de batracieni, reptile etc., cu o serie de adaptări specifice. Astfel, reotactismul presupune deplasarea animalelor în funcție de direcția curentului de apă, iar tigmotactismul – păstrarea contactului cu substratul în timpul deplasării în apa râurilor.

**2. Sub aspect funcțional**, ca și în cazul lacurilor, sunt prezente cele trei componente funcționale ale lanțului trofic: producători primari = autotrofele (macrofite, alge), consumatorii (animale erbivore, carnivore, dar și omnivore) și descompunătorii (bacterii și ciuperci); consumatorii și descompunătorii fiind organisme heterotrofe.

Producătorii primari sunt reprezentați aproape exclusiv de fotoautotrofe sau fotosintetizante, reprezentate de alge în primul rând, dar și de macrofite în pâraie de munte și izvoare, în zona malurilor și zonele umede ripareene și cele din luncile inundabile ale râurilor.

Consumatorii – animale erbivore, carnivore sau omnivore, fac parte din grupe foarte diferite: crustacee, copepode, acarieni acvatici, larve de insecte, gastropode, oligochete, nematode, pești, batracieni, reptile, păsări, mamifere (vidre, castori, bizami).

În grupul descompunătorilor intră bacteriile, dar și ciuperci din grupul hifo- și actinomicetelor, care asigură mineralizarea materiei organice pe bază de celuloză, lignină, chitină.

**3. Din punctul de vedere al factorilor ecologici**, există o strânsă corelație între structura fizică și chimică a apei și substratul din diverse porțiuni ale râului și tipul de organisme. Astfel, pe cursul superior, organismele reobionte și reofile sunt stenoterme, de ape reci și oxifile deci stenotope, sau indiferente deci euritope. Cele stenotope sunt buni indicatori ai calității apei: plecoptere, efemeroptere, salmonidele dintre pești, specii de diatomee dintre alge etc.

Pe cursul inferior, pe lângă cele indiferente, euritope, se dezvoltă organisme stenoterme de ape calde, adaptate la concentrații mai scăzute de O<sub>2</sub>. Legat de natura substratului, pe cursul superior domină cele epilitice, iar pe cel inferior epipsamice și epipelice. Compoziția calitativă și cantitativă a comunităților de organisme este diferită în zona malurilor, față de medial sau de la un mal la altul, respectiv diferite în albia minoră față de cea majoră, în funcție de specificitatea condițiilor fizice și chimice. Există o dinamică în timp și spațiu, diurnă sau sezonieră, determinată de aceiași factori, un rol hotărâtor în structurarea comunităților de organisme din râuri, având viiturile care pot modifica uneori total structura albiei.

Se consideră că, în general, factorii abiotici, fizico-chimici din albia râului și substrat, tip de granulometrie, temperatură, debit, viteza de curgere, care sunt factori întâmplători sau stocastici, au rol hotărâtor în structura comunităților de organisme în perioadele următoare unei mari viituri, când începe colonizarea și recolonizarea habitatelor din albia râului, deci în perioada de non-echilibru. După stabilizarea tipului de biocenoză, între două viituri, factorii hotărâtori care acționează sunt cei determinați biotici sau care țin de relațiile biotice: competiție, prădătorism, parazitism, deci cu acțiune hotărâtoare în fazele de echilibru a biocenozelor acvatice. Subliniem faptul că structurarea biocenozelor, a comunităților de organisme acvatice din râuri este rezultatul interacțiunii dintre cele două categorii de factori abiotici și biotici, care pot fi dominanți, unii sau alții în anumite perioade (în cea de echilibru factorii biotici sau de non-echilibru factorii abiotici).

#### **Caracteristici ale apelor curgătoare (mediul lotic):**

- mișcarea permanentă a maselor de apă, ceea ce determină o dinamică și o mobilitate pronunțată a albiei râurilor și o mare capacitate de eroziune, viitura avînd rol hotărîtor în aceste procese;
- suprafața mare de contact atît cu litosfera, cît și cu atmosfera, ceea ce face să existe un schimb intens de materie și energie, dominat de intrări masive de material alohton;
- heterogenitatea accentuată a habitatelor, cu numeroase microhabitate;
- comunitățile de organisme, deosebit de diversificate sunt dominate de cele bentonice pe cursul superior și mijlociu și planctonice pe cel inferior;
- factorii care determină structurarea biocenozelor din apele curgătoare sunt atît cei abiotici în perioadele de non-echilibru, cît și cei biotici, în fazele de echilibru ale râurilor.

### **4.3. Ecosisteme acvatice cu apă stătătoare - mediul lentic**

Ecosistemele acvatice cu apă stătătoare cuprind o diversitate mare de ecosisteme de tipul: lacurilor, bălților, mlaștinilor, iazurilor, eleșteelor etc. Prototipul acestui tip de ecosisteme acvatice pentru studiul și punctarea proprietăților acestui tip de ecosisteme este lacul – care poate fi definit prin asocierea a două elemente:

- cel fizico-geografic, care caracterizează depresiunea sau golul de pe suprafața uscatului sau din interiorul acestuia unde s-a format lacul, care se numește cuveta lacustră și
- cel hidrologic, care caracterizează apa cu anumite proprietăți calitative și cantitative care determină structura comunităților de organisme acvatice.

Lacurile, ca ecosisteme acvatice permanente (unele din categoria zonelor umede seacă în regiunile tropicale și subtropicale) sunt localizate la suprafața scoarței terestre sau în interiorul acesteia. Pot avea legătură cu oceanul planetar, fiind lacuri cu scurgere de suprafață permanentă sau intermitentă în perioadele de maximă alimentare cu apă. Altele sunt lacuri fără scurgere de suprafață, ca de exemplu Lacul Sfînta Ana. Cele mai multe lacuri sunt lacuri cu scurgere, din acestea izvorînd un râu, de exemplu: Lacul Geneva, Balaton, Victoria și lacurile glaciare din Munții Carpați: Bucura, Zănoaga, Gîlcescu etc.

Cele mai multe lacuri fără scurgere sunt situate în regiuni aride unde nivelul evaporării și evapotranspirației depășește alimentarea cu apă (de exemplu Lacul Ciad), fiind și foarte concentrate în nutrienți, avînd apă dulce, sărată sau salmastră.

**Există mai multe criterii de clasificare a lacurilor (Cole, 1983):**

**1. după geneză (cauza care a stat la baza formării lacurilor)**, acestea pot fi: naturale, cu regim de funcționare dirijat (artificiale) și mixte.

**1.1. lacuri naturale:** cauzele care stau la originea formării acestora sunt de natură endogenă și exogenă, rezultînd mai multe tipuri genetice de lacuri (Ujvari, 1972; Gîștescu, 1971).

- lacurile naturale formate datorită unor cauze endogene sunt:
  - a) lacuri formate prin procese de alunecare și surpare a scoarței terestre sau alunecări pe versanți (de exemplu Lacul Roșu);
  - b) lacuri formate prin procese de acumulare vulcanică, prin umplerea cu apă a craterelor vulcanilor stinși (de exemplu Lacul Sfînta Ana) sau a vulcanilor noroioși (de exemplu Lacurile de la Pîclele Mari);
  - c) lacuri relict: care sunt resturi ale fostelor mări care s-au retras (de exemplu Peșea-Oradea).
- lacurile naturale formate datorită unor cauze exogene sunt:
  - a) lacuri formate prin eroziune și acumulare fluviatilă sau marină, rezultate prin separarea unor meandre ale râurilor și fluviilor în lunca inundabilă sau între grindurile deltelor,

alimentate la marile viituri, din pînza de apă freatică și precipitații; o altă categorie sunt cele formate prin închiderea unor golfuri marine (lagune) sau prin lărgirea văilor unor afluenți existenți demult în zona litorală a mărilor;

- b) lacuri formate prin procese de eroziune și acumulare eoliană între dunele de nisip (de exemplu în Cîmpia Română sau în Rezervația Naturală Mestecănișul de la Reci - județul Covasna);
- c) lacuri formate prin procese de eroziune și acumulare nivală datorită stagnării zăpezilor (zăcători de zăpezi), prin procese de eroziune și acumulare glaciară datorată ghețarilor (de exemplu lacurile glaciare din munții noștri);
- d) lacuri formate prin acțiunea de dizolvare a apei a unor roci solubile (de exemplu lacurile carstice pe substrat calcaros, de suprafață sau subterane, sau lacurile carsto-saline etc.).

**1.2. lacuri care funcționează în regim dirijat (artificiale):** sunt formate în urma acțiunii omului, respectiv în urma acțiunii:

- directe a omului în scopuri economice; exemplele sunt numeroase: iazurile, eleșteele formate în special pentru acvacultură în zona noastră, în special pentru piscicultură, dar și pentru irigații, adăpatul vitelor, agrement; lacurile de baraj și acumulare în scopuri energetice, dar și pentru apă potabilă, agrement, irigații; tot aici se încadrează: benturile sau puțurile de adîncime pentru alimentarea cu apă și haiturile de pe rîurile de munte pentru transportul buștenilor;
- indirecte a omului: lacuri formate în foste mine părăsite sau în locurile de unde s-au extras materiale de construcții.

**1.3. lacuri mixte** - au la origine atît cauze naturale cît și antropice (de exemplu lacuri formate în ocne părăsite, amenajate de om: Ocna Sibiu, Ocna Șugatag, Cojocna, Turda etc., utilizate pentru tratament sau lacuri de tip “mostiște” în Cîmpia Română, formate în zone de bălți și mlaștini pe care omul le amenajează în diverse scopuri: pentru adăpatul vitelor, pentru necesități casnice).

**2. după salinitate:**

- cu apă dulce:  $S < 0,5\text{‰}$ ;
- salmastre:  $30\text{‰} < S < 0,5\text{‰}$ ;
- sărate:  $40\text{‰} < S < 30\text{‰}$ ;
- supersărate = hiperhaline = hipersaline:  $S > 40\text{‰}$ .

**3. după predominarea anionilor:** există patru clase: carbonatate, sulfatate, clorurate și mixte; fiecare clasă, în funcție de cationii dominanți (Ca și Mg, Ca cu Na sau Na cu Mg) cuprinde trei grupe, respectiv fiecare grupă cuprinde trei tipuri în funcție de raportul conductivitate/alcalinitate (I, II, III).

**4. după gradul de mineralizare** există mai multe tipuri de lacuri pentru România:

- lacuri cu ape slab mineralizate (sub 1 g săruri minerale/L);
- lacuri cu mineralizare moderată (1 - 25 g/L);
- lacuri cu mineralizare ridicată, cu apă sărată (peste 25 g/L).

**5. după temperatură,** în funcție de așezarea geografică, deci de climă:

- cu caracter zonal: lacuri tropicale / subtropicale; lacuri din zona temperată; lacuri polare;
- cu caracter azonal: lacuri termale.

**6. după nivelul de troficitate** care este dat de cantitatea de săruri minerale (nutrienți), Thienemann (1925) și Naumann (1932) descriu inițial trei tipuri de lacuri: oligotrofe, eutrofe și distrofe, la care s-au adăugat ulterior încă două: mezotrofe și politrofe. Nutrienții pot proveni din substratul cuvetei lacustre prin dizolvare, din mineralizarea materiei organice, produsă în

interiorul lacului în cadrul circuitului bio-geo-chimic și prin antrenarea din bazinul de drenaj - aport alohton.

- 6.1. lacurile distrofe:** se caracterizează prin conținut redus, foarte redus, uneori inexistent de nutrienți, sau mai bine spus inaccesibili producătorilor primari. Prin urmare diversitatea specifică va fi foarte redusă, inaccesibilitatea nutrienților se datorește faptului ca aceștia sunt prinși în combinații macromoleculare de humai (săruri ale acidului humic), ceea ce conferă culoare brună, roșcată până la maronie apei din aceste lacuri, cu adâncimi mici și cu depozite mari de natura organică – turba. Acest lucru se produce în condiții de temperaturi scăzute, pH acid, regim pluvional ridicat și condiții de hipo- sau anoxie. Prin urmare materia organică produsă nu se mineralizează, sau se mineralizează foarte lent și se turbifică, îmbogățindu-se în carbon, astfel rezultând turba. Aceste lacuri sunt caracteristice zonei scandinave și din nordul Asiei, de tundră și taiga, unde are loc în același timp și transport alohton de materie organică humică spre aceste lacuri sau din acestea spre exterior, substratul fiind în permanență îmbibat cu apă.
- 6.2. lacurile oligotrofe:** sunt specifice zonelor alpine și montane, se formează pe substrat de roci dure, șisturi cristaline cu cantități foarte reduse de săruri minerale provenite prin solubilizare din substrat. Aceste lacuri au cantități mici de nutrienți, au adâncimi variabile, în general mari, dar nu mai mari de 30 m, cu diversitate biologică mică, au o transparență mare, apa curată de culoare albastră, albastru-verzui; au de asemenea sedimente sărace în materie organică. Organismele sunt stenoterme de ape reci, oxifile sau indiferente și cu producție mică ( $50 - 150 \text{ mgC/m}^2/\text{zi}$ ; lacurile din Antarctica:  $4 \text{ mgC/m}^2/\text{zi}$ ) în condiții de biodiversitate redusă și cantități mici de nutrienți.
- 6.3. lacurile mezotrofe:** au un conținut mai mare în nutrienți comparativ cu cele oligotrofe, fiind lacuri de trecere spre cele eutrofe, cu echilibru fragil și producție moderată ( $150 - 250 \text{ mgC/m}^2/\text{zi}$ ). Ca origine provin din cele oligotrofe prin procesul succesiunii, prin creșterea cantității de nutrienți, cu alte cuvinte prin inițierea procesului de eutrofizare. Însă, comparativ cu cele eutrofe, datorită faptului că acest proces este abia la început, producția este moderată, ca și biodiversitatea, foarte rar pot apărea fenomene de „înfloriri” ale apei cauzate de dezvoltarea masivă a algelor.
- 6.4. lacurile eutrofe:** se caracterizează prin conținut ridicat sau foarte ridicat de nutrienți, prin biodiversitate ridicată și producții ridicate ( $300 - 1.000 \text{ mgC/m}^2/\text{zi}$ ). Apar depozite consistente de sedimente organice, deci și de organisme detritivore; au o transparență redusă, culoare galbenă, galben-verzui, maronie, datorită excesului de nutrienți care favorizează dezvoltarea algelor care produc „înfloriri” dar și excesului de materie organică moartă sub formă de particule rezultată din interiorul lacului sau din antrenarea de material alohton. Alături de comunități bogate de alge, în paralel se pot dezvolta plante superioare, submerse, amfibii sau higrofit, dezvoltându-se în zona malurilor consistente centuri de zone umede, procesul de eutrofizare accentuându-se în timp. Cantități mari de oxigen se află în zona trofogenă. De asemenea sunt caracteristice fenomenele de hipo- și anoxie datorită consumului de către bacteriile care descompun materia organică produsă sau cea antrenată din bazinul de drenaj. Aceste lacuri au transparența redusă și adâncimi variabile, care scad progresiv în timp datorită colmatării, accentuată frecvent de poluare.
- 6.5. lacurile politrofe:** rezultă în urma accentuării procesului de eutrofizare din cele eutrofe, mai ales datorită antrenării unor cantități mari de material alohton, fie sub formă

de nutrienți, fie sub formă de materie organică ce determină dezvoltarea masivă a algelor, „înfloriri” ale apei, care contribuie la creșterea cantității de sedimente organice și deci colmatarea lor, ajungându-se în timp la mlaștini și în final la un ecosistem terestru în procesul succesiunii lacurilor. Prin urmare, adâncimile lacurilor politrofe sunt în general mici, ele au transparență redusă, cantități mici de oxigen și prezintă fenomene de hipo- și anoxie. Producția mare ( $> 1.000 \text{ mgC/m}^2/\text{zi}$ ) este realizată de un număr redus de organisme, biodiversitatea este mare, în primele faze, datorită „înfloririlor”, pentru ca treptat să scadă foarte mult.

Există deci o **succesiune în evoluția lacurilor**, de la cele oligotrofe la cele mezotrofe, la eutrofe și în final la politrofe, evoluind spre sisteme de mlaștini și ecosisteme terestre. Aceste procese se desfășoară în timp îndelungat și pot fi accentuate mai mult sau mai puțin de influența antropică. Procesul nu este linear, uneori pot avea loc perioade de revenire, de stopare a eutrofizării, de exemplu pe fondul reducerii poluării, a intrărilor de nutrienți în lacuri. Procesul eutrofizării lacurilor poate fi unul natural care se desfășoară în timp foarte îndelungat fiind un proces lent, sau poate fi mult accelerat datorită poluării (cauze antropice) prin aport masiv de nutrienți sau materie organică.

În acest proces de succesiune și evoluție a lacurilor se pot distinge trei faze ale succesiunii: de tinerețe, de maturitate și de bătrânețe sau senescență.

- **faza de tinerețe sau de pionerat** corespunde în general lacurilor oligotrofe, cu cantități reduse de nutrienți, biodiversitate redusă, producție mică;
- **faza de echilibru sau de maturitate** se caracterizată prin creșterea cantității de nutrienți pe baza proceselor din lac, circuitului bio-geo-chimic dar și prin antrenarea de material alohton, trecînd la faza de mezotrofie sau cea intermediară a succesiunii, cu creșterea biodiversității și a producției, ceea ce în timp mai lung sau mai scurt duce la acumulări de sedimente organice și colmatarea treptată a lacurilor;
- **faza de bătrânețe sau senescență**, în care se accelerează procesul de colmatare pe fondul dezvoltării plantelor macrofite de toate tipurile (submerse, amfibii și higrofită). Procesele de colmatare sunt mult accelerate în cazul apariției formelor de influență antropică care amplifică intrarea de material alohton, accentuînd eutrofizarea pînă la politrofie, trecîndu-se treptat spre zone umede (bălți și mlaștini) și în final la ecosisteme terestre.

Durata uneia sau a alteia dintre aceste faze este foarte diferită, în funcție de caracteristicile proceselor autohtone și a celor alohtone, dar și de influența antropică. Situațiile sunt foarte diferite de la un lac la altul, mai mult, nu întotdeauna se respectă această evoluție de la oligotrof la politrof. De exemplu, în cazul lacurilor bogate în carbonați-bicarbonați pe substrat bogat în săruri de  $\text{Ca}^{++}$  și  $\text{Mg}^{++}$ , există posibilitatea contrabalansării excesului acestor săruri prin utilizarea lor în cantități mari de către vegetația macrofită sau de către unele alge care-și impregnează corpurile cu săruri de calciu. Se ajunge treptat, prin acumulări mari de materie organică în sedimente de la un lac cu apă calcaroasă (duritate mare) alcalin, prin izolarea în timp a substratului, la dezvoltarea unei vegetații acidofile, cu epuizarea sărurilor de calciu, rezultînd în final lacuri oligotrofe sau mlaștini de turbă mezo- sau oligotrofe.

Evoluția și durata fazelor de succesiune a lacurilor depinde foarte mult de zona climatică unde se află lacurile, de natura substratului, de mărimea și tipul de lac și de influența antropică, care se poate manifesta direct asupra lacului sau asupra bazinului de drenaj.

### **Principalele caracteristici ale lacurilor:**

#### **I. Parametri fizici:**

**I.1. Forma și mărimea cuvetei lacustre** diferă mult de la un lac la altul în funcție de: originea acestuia, de amploarea proceselor de eroziune cauzate de apă (în fază lichidă sau solidă), de vînt și de natura substratului diferit de la o zonă geografică la alta, respectiv de acțiunea



tuturor factorilor care acționează asupra aceluși bazin acvatic (biotici și abiotici), incluzând și influența antropică, care accelerează mai ales fenomenele de colmatare.

**I.2. Suprafața lacurilor ( $m^2$ )** diferă mult de la un lac la altul în funcție de o multitudine de factori, esențiali fiind cei climatici (temperatura, precipitații, vânt) rezultând o formă aproximativ constantă în zona temperată și foarte variabilă în zonele aride, unde lacurile pot seca în anotimpul secetos. Se poate calcula în funcție de formă sau de pe hărți. Este afectată mult de fenomene de comatare și eroziune.

**I.3. Perimetrul sau lungimea liniei malurilor (m)** este foarte diferit în funcție de origine și modul de formare al lacului, de natura substratului, fiind influențat de fenomenele de eroziune și colmatare ca și de evaporare.

**I.4. Adâncimea lacurilor** trebuie să depășească 6m pentru ca bazinul respectiv să fie considerat lac, altfel se încadrează la zone umede (vezi subcapitolul 4.4.); are variații mari în cadrul aceluiași lac (valori medii, minime și maxime). Se estimează prin măsuratori directe. Este influențată de originea și modul de formare, clima, natura substratului, eroziune și colmatare, influența antropică.

**I.5. Înclinația malurilor sau panta** sau înclinarea evaluată pentru partea de deasupra nivelului apei și pentru cea submersă este de asemenea foarte diferită de la un lac la altul și este influențată de natura substratului, climă, eroziune, colmatare etc.

**I.6. Regimul hidrologic** are o serie de caracteristici determinate de tipul de alimentare cu apă, diferit în funcție de zona geografică, deci depinzând de particularitățile climatice, de sursa de alimentare cu apă, de caracteristicile bazinului de drenaj, de influența antropică. În funcție de raportul dintre intrările (I) și ieșirile (E) de apă din lac, ca și criteriu de clasificare a lacurilor, acestea pot fi:

- lacuri cu bilant hidrologic excedentar, când  $I > E$ ;
- lacuri cu bilanț hidrologic constant, când  $I = E$ ;
- lacuri cu bilanț hidrologic deficitar, când  $I < E$ .

Intrările de apă în lacuri (sursele de alimentare cu apă) sunt: râurile; izvoarele din pânza de apă freatică; precipitațiile sau scurgerile de suprafață din bazinul de drenaj. Un lac poate avea una sau mai multe surse de alimentare. Ieșirile de apă se fac prin: infiltrări în pânza de apă freatică; scurgeri din lac prin râu sau pârâu la cele cu scurgere de suprafață și prin evaporare și evapotranspirație.

Principalul factor care influențează regimul hidrologic al lacurilor naturale este clima, atât pe latitudine (zone climatice) cât și pe altitudine (munte, deal, câmpie etc.)

Volumul de apă este determinat de sursa de alimentare cu apă, tipul de climă în funcție de așezarea geografică, particularitățile bazinului de drenaj, influența antropică. Se calculează în funcție de formă și adâncime și se exprimă în  $m^3$ .

Timpul hidrologic de retenție (reținere), altă trăsătură a regimului hidrologic, se referă la timpul necesar pentru a umple sau pentru a goli lacul prin flux natural. Se calculează împărțind volumul de apă la rata (viteza) fluxului natural de intrare sau ieșire al apei din lac. Acest parametru influențează și determină timpul de retenție și viteza de circulație a apei și a substanțelor chimice (nutrienți) dizolvate sau/și vehiculate de apă. O serie de factori pot influența timpul de retenție sau circuitul nutrienților în lacuri: clima, prin alternanța anotimpurilor, temperatura, vânturile, precipitațiile, nebulozitatea, precum și factorii biotici, în primul rând producătorii primari (alge și macrofite), care utilizează nutrienții în fotosinteză; dar și interacțiunile dintre factorii abiotici și biotici. Pentru unele elemente chimice lacurile pot constitui atât surse; rezervoare, cât și loc de transformare. Ca valori pentru timpul de retenție a diverselor substanțe chimice, nu se pot face generalizări, apreciindu-se că variază între valori mai mici de 1 an până la 10 ani.

**I.7. Mișcările apei** reprezintă un factor important care poate influența toate celelalte elemente, precum și proprietățile fizice și chimice ale apei, ca structura și funcționarea comunităților de organisme acvatice. După direcția de propagare, mișcările apei din lacuri (ape stătătoare în general) sunt pe orizontală și pe verticală. Mișcările care se propagă pe orizontală în funcție de cauza care le produce sunt valurile și curenții.

- **valurile** datorate vântului sau valorilor presiunii atmosferice sunt mișcări ondulatorii care se propagă pe orizontală, care la rândul lor se subîmpart în două categorii:

a) valurile propriu-zise reprezintă mișcări ondulatorii orizontale determinate de vânt, ce antrenează pătura de apă de la suprafață. Înălțimea lor este  $H = 1/3F$ , unde  $F$  = viteza vântului exprimată în km/oră. Factorii care influențează înălțimea valurilor sunt clima, relieful care moderează viteza vântului sau determină mișcări circulare, antrenând și apele de adâncime. Efectele valurilor sunt în primul rând pozitive, determinând amestecarea maselor de apă și deci creșterea cantității de oxigen din apă. În funcție de temperatura și concentrația de săruri, uneori are loc antrenarea și mișcarea sedimentelor bentonice, accelerând procesele de mineralizare, influențând și respirația organismelor acvatice bentonice. Efectele negative se datoresc deranjării sedimentelor, ceea ce determină creșterea turbidității și deci scăderea transparenței, care influențează fotosinteza, precum și colmatarea aparatelor filtratoare la animale nevertebrate sau a branhiilor la pești, mai ales la puiet. Tot un efect negativ este și cel care se referă la accentuarea procesului de eroziune mai ales în zona malurilor, transport și sedimentare în interiorul cuvetei lacustre, accelerând colmatarea.

b) valurile de hulă sau seișele sunt caracteristice în primul rând mărilor și oceanelor dar și lacurilor mari, cum ar fi Lacul Baikal, Lacul Geneva, Marile Lacuri din America de Nord etc. Apar mai ales în zone cu vânturi puternice care provoacă frecvente furtuni și uragane. Aceste valuri care sunt tot mișcări ondulatorii ale apei care se propagă pe orizontală și se formează datorită acțiunii diferențiate a presiunii atmosferice (zone cu presiune atmosferică ridicată și zone cu presiune atmosferică scăzută) pe suprafața apei, în momentul încetării bruște a vântului. Acest lucru determină o mișcare de balansare a întregii mase de apă, care poate dura de la 4 ore și 35 minute pe lacul Baikal, la 50 minute pe Lacul Geneva și până la 20 - 30 minute pe alte lacuri, cu amplitudini diferite condiționate și de densitatea și concentrația în săruri a apei.

- **curenții**, la rândul lor, după direcția de propagare, sunt curenți orizontali și verticali:

a) curenții orizontali sunt specifici mărilor, oceanelor precum și lacurilor mari și sunt mișcări cauzate de acțiunea diferențiată a presiunii atmosferice asupra apei. Acțiunea diferențiată a presiunii atmosferice se datorează atât existenței zonelor cu presiune atmosferică ridicată și scăzută cât și valorilor de densitate ale apei corelate cu temperatura și concentrația de săruri din apa lacurilor, respectiv existenței unor vânturi foarte slabe. În funcție de sensul de deplasare pe orizontală, acești curenți pot fi: ciclonali, când se formează în zone cu presiune atmosferică scăzută, determinând în emisfera nordică deplasarea maselor de apă în sensul mișcării acelor de ceasornic (datorită mișcării de rotație a Pământului) și în sens invers în emisfera sudică. În funcție de viteza de propagare pot produce, mai ales în zona centrală a suprafeței pe care se produc o mișcare a maselor de apă dinspre adâncime spre suprafață. Curenții anticiclonali se formează în zone cu presiune atmosferică ridicată pe suprafața marilor lacuri sau pe mări și oceane și determină curenți orizontali ce se deplasează în sens invers mișcării acelor de ceasornic, astfel că în zona centrală de acoperire are loc o coborîre a apei de la suprafață spre

adâncime. Există și un alt tip de curenți orizontali, cauzăți de vânturile care bat dominant într-o singură direcție determinând mișcarea maselor de apă spre o anumită regiune a lacului, mării sau oceanului. În aceste situații, nivelul apei crește, apa se lovește de mal și se întoarce spre malul opus, apoi mișcarea se reia. Amplitudinea acestor mișcări depinde de viteza vântului, densitatea apei corelată cu temperatura și concentrația de săruri.

b) curenții verticali, de convecție, au drept cauză modificările circadiene sau sezoniere a densității apei în funcție de temperatură, apele mai calde se ridică spre suprafață, cele reci coboară spre adâncime. Acești curenți afectează pătura superficială, în general, dar la modificări mari de temperatură afectează și straturile profunde.

**I.8. Transparența lacurilor** depinde de concentrația substanțelor organice și minerale dizolvate, respectiv de cantitatea și natura suspensiilor (particule), care pot fi de natură minerală (nisip, mîluri etc.) sau organică (organisme microscopice moarte sau resturi din acestea și organisme microscopice vii). Acestea pot fi de origine autohtonă sau alohtonă antrenate din bazinul de drenaj. Transparența se măsoară cu discul Secchi și se consideră că este:

- redușă, cînd este < 2 m (în lacurile distrofe, datorită cantității mari de substanțe humice dar și în lacurile eu- și politrofe);
- moderată, cînd este cuprinsă între 2 și 10 m, în lacurile mezo- și mezo-eutrofe;
- ridicăta, în lacurile oligotrofe, cînd este > 10 m.

Transparența suferă variații sezoniere, circadiene sau chiar de la o oră la alta în funcție de modificarea vremii, forme de impact antropic din lac sau din bazinul de drenaj. Natura substratului și procesele de eroziune contribuie la modificarea transparenței apei.

**I.9. Culoarea apei** – vezi capitolul 2

**I.10. Sedimentele** influențează viața organismelor acvatice, în primul rînd a celor din bentos, dar nu numai, atît prin calitatea cît și prin cantitatea și originea lor.

După origine pot fi autohtone, cînd provin din interiorul lacului în urma circuitului general bio-geo-chimic și prin eroziune din zona litorală, transport și depunere în cea profundă; dar și alohtone, antrenate din bazinul de drenaj. Sedimentele pot fi minerale sau organice, în proporții diferite, în funcție de tipul de lac sau de influența antropică. În lacurile oligotrofe depunerile de turbă pot atinge pînă la 90% din sedimente, în timp ce în lacurile eutrofe doar 30 - 40%. Dacă apar procese de hipo- și anoxie în cazul acumulărilor de materie organică, se formează un alt depozit de origine organică, sapropelul, prin descompunerea materiei organice de natură animală cu acumulări de hidrogen sulfurat.

Procesul de eutrofizare naturală, care influențează sedimentele este lent, cu durată mare în timp, poate fi accelerat prin influența antropică. Uneori în procesele de reconstrucție ecologică se practică înlăturarea vegetației, dragarea aluviunilor, etc.

Acumularea sedimentelor în cuveta lacustră sau colmatarea constituie un criteriu de clasificare a lacurilor:

- lacuri cu colmatare lentă, cu depuneri < 1 t/ha/an;
- lacuri cu colmatare intermediară, cu depuneri 1 - 5 t/ha/an;
- lacuri cu colmatare rapidă, cu depuneri > 5 t/ha/an.

**II. Proprietățile chimice** se referă la chimismul apei lacurilor (vezi capitolul 2), cu următoarele sublinieri:

- în apele stătătoare, în general, cantitatea de oxigen scade cu adâncimea, în lacurile cu adâncimi mari fiind frecvente fenomenele de hipo- și anoxie în straturile profunde ale apei respectiv iarna când apare podul de gheață. Modelul de distribuție al cantității de oxigen pe verticală se regăsește la descrierea structurii pe verticală a lacurilor;
- cantitatea de dioxid de carbon înregistrează procese inverse, crește odată cu adâncimea, în straturile profunde din lacurile mari putându-se acumula cantități mari de  $\text{CO}_2$  dar și de  $\text{CH}_4$ , mai ales în lacurile cu vegetație macrofită bine dezvoltată, care prin descompunere dă cantități mari de  $\text{CH}_4$ . Cele două gaze ( $\text{CO}_2$  și  $\text{CH}_4$ ), precum și  $\text{H}_2\text{S}$ , format din descompunerea materiei organice de natură animală dar și în urma unor reacții chimice, mai ales în lacuri cu substrat bogat în sulfati sau cu apă sărată, acumulate în cantități mari pot avea efect toxic sau letal asupra organismelor acvatice;
- pH-ul este influențat mai mult decât în apele curgătoare de fotosinteză.

### Structura lacurilor

Structura bazinului lacustru în cazul lacurilor naturale este determinată de acțiunea simultană a factorilor abiotici, fizico-chimici și a celor biotici de mediu din interiorul lacului și din bazinul de drenaj, dar și de interacțiunile dintre cele două categorii de factori. Prin acțiunea factorilor abiotici și biotici de mediu rezultă o structură de suprafață (*orizentală*) și una de adâncime (*pe verticală*) a lacurilor (Hutchinson, 1967; 1975).

*În structura pe orizentală*, ce reprezintă facialul apei sau structura de suprafață, se disting două zone: zona litorală și zona limnetică sau pelagică.

1. zona litorală (fig. 4.14. și 4.15.) se află în apropierea malurilor, fiind sub directă influență a acestora, puternic afectată de acțiunea valurilor sau a unor curenți orizontali, ceea ce determină procese intense de eroziune. Este influențată în același timp și de procesele din bazinul de drenaj, ceea ce determină intrări de material alohton antrenat atât de afluenți cât și de scurgerile de suprafață. Biocenozele care se dezvoltă în zona malurilor sunt preponderent bentonice, cu organisme libere sau fixate în funcție de natura substratului.

2. zona limnetică sau pelagică (fig. 4.14. și 4.15.) este reprezentată de masa apei, caracterizată de lipsa oricărui contact cu malurile sau fundul cuvetei lacustre (bental). Pelagialul (zona limnetică) este populat de organisme care compun pelagosul (plancton, neuston, necton).

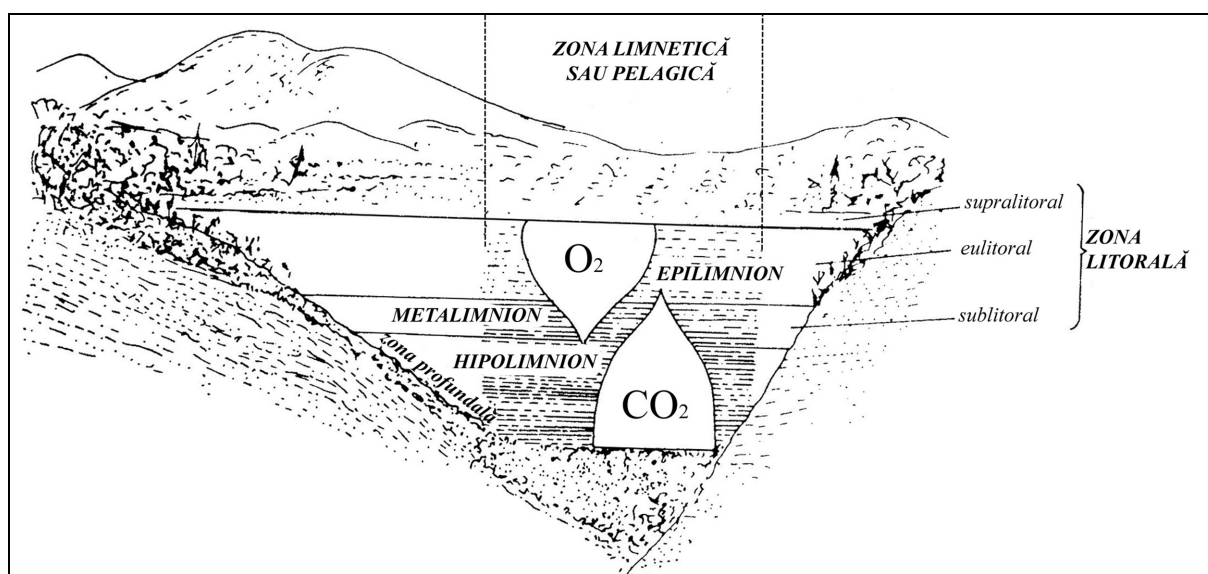


Fig. 4.14. Structura pe orizentală și pe verticală a lacurilor, cu zona litorală și profundă; epilimnionul, metalimnionul și hipolimnionul în relație cu conținutul în oxigen ( $\text{O}_2$ ) și dioxid de carbon ( $\text{CO}_2$ ) (după Cole, 1983)

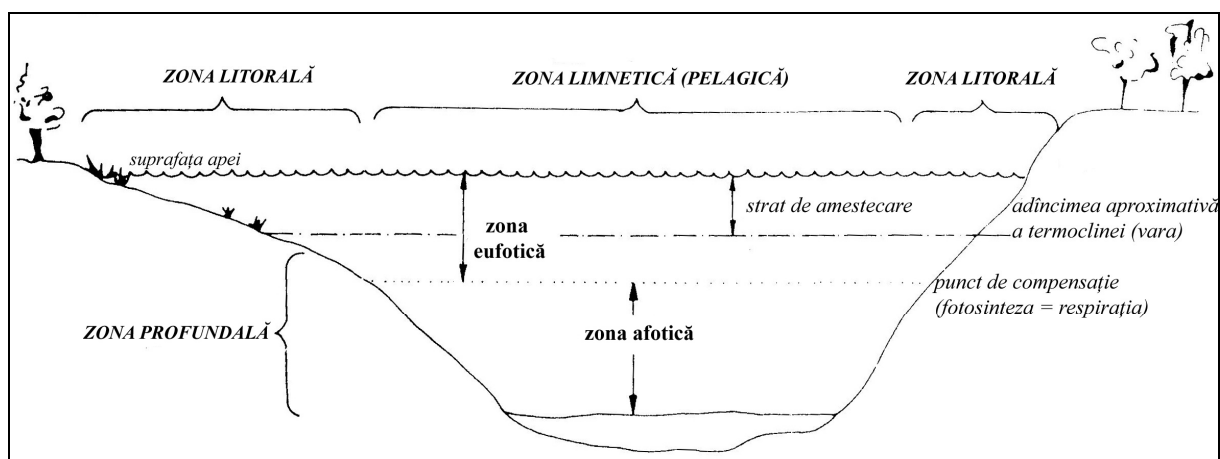


Fig. 4.15. Structura pe orizontală și pe verticală a lacurilor cu accent pe structura determinată de pătrunderea luminii (din Horne și Goldman, 1994)

***Fiecare din cele două zone are o structură pe verticală:***

1. zona litorală are o substructură compusă din: zona supralitorală, eulitoralul = litoralul propriu-zis, sublitoralul și zona profundală (fig. 4.14. și 4.15.). Lacurile foarte mari, respectiv mările și oceanele au o serie de alte subdiviziuni ale litoralului:
  - supralitoralul se întinde între suprafața apei la contactul cu uscatul și nivelul maxim atins de apă; este prezent numai în lacurile cu adâncimi mari și variații mari ale nivelului apei;
  - eulitoralul sau litoralul propriu-zis are variațiile de nivel cele mai frecvente și evidente, întinzându-se în adâncime pînă unde mai există macrofite acvatice și higrofite fixate;
  - zona sublitorală continuă în adâncime pînă la nivelul unde se mai dezvoltă plante submerse libere;
  - zona profundală se află sub limita menționată anterior, cuprinzînd fundul cuvetei lacustre.
2. zona limnetică (fig. 4.14. și 4.15.) cuprinde următoarele subdiviziuni:
  - epilimnionul este pătura de la suprafață, cu adâncimi variabile de la un lac la altul; caracterizată printr-o dinamică accentuată cu modificări frecvente de temperatură (de la zi la noapte sau de la o oră la alta în funcție de dinamica factorilor climatici și de influențe venite dinspre bazinul de drenaj). Au loc modificări frecvente ale cantității de oxigen, care este în general mare (în funcție de temperatură, de mișcările apei, de nivelul procesului de fotosinteză, influența antropică etc.) dar și a altor substanțe minerale sau organice. Sunt frecvente schimbările transparenței și culorii apei în funcție de modificarea factorilor care le influențează. Este zona cu temperaturile cele mai ridicate sau cele mai scăzute ale apei lacurilor în funcție de stratificarea termică, determinată de variațiile climatice și raportul densitate-temperatură-concentrații de săruri.
  - metalimnionul este o zonă de trecere, corespunde în general zonei de modificare bruscă a temperaturii în sensul scăderii brusce a acesteia spre adâncimi – bariera termică. Este prezentă doar în lacurile cu adâncimi mari unde există stratificarea termică.
  - hipolimnionul se întinde spre adâncime, fiind o zonă cu parametri mai constanți: temperatura, în primul rînd, dar cu valori mai mici comparativ cu epilimnionul, cu cantități mai mici de oxigen, mai mari de nutrienți sau materie organică, fiind zona de depunere și acumulare a nutrienților dar și de descompunere a materiei organice. Se înregistrează cantități mari de  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{CH}_4$  etc.

### ***Stratificarea pe verticală a lacurilor determinată de pătrunderea luminii:***

În lacuri există și o structură pe verticală determinată de pătrunderea diferențiată a luminii conform legilor fizicii (vezi capitolul 2). Această structură pe verticală este prezentă în general în lacurile cu adâncimi mari. Există trei zone de bază prezente în aceste lacuri:

- zona eufotică (sau fotică) este bine luminată, întinzându-se în adâncime pînă acolo unde cantitatea de lumină se reduce la 1% din cea incidentă (fig. 4.15. și 4.16.). Adâncimea zonei eufotice se poate calcula și cu ajutorul unor relații matematice pe baza transparenței (zona eufotică =  $2,5 \cdot \text{transparența Secchi (m)}$ ). Această zonă se caracterizează prin procese intense de fotosinteză, deci de sinteză a materiei organice, de aceea mai este numită și zonă trofogenă. Tot ca urmare a acestui fapt este zona cu cantități mari de oxigen, uneori cu suprasaturații în oxigen în timpul zilei. Se întinde atît pe zona limnetică (fără a coincide cu epilimnionul) cît și în lateral pînă în zona malurilor (litorală). Caracteristic pentru această zonă este punctul de compensație al fotosintezei, care se situează în adâncime, acolo unde fotosinteza este egală cu respirația ( $F = R$ ), adică se consumă în respirație cantitatea de materie organică produsă în fotosinteză. Acesta este locul unde se consideră a fi limita inferioară a zonei eufotice.
- zona afotică (fig. 4.15. și 4.16.) este caracterizată prin cantități reduse de lumină, care nu permit desfășurarea proceselor de fotosinteză, deci este dominată de procese de respirație, de consum de materie organică, de aceea se mai numește și zonă trofolică, fiind bogată în  $\text{CO}_2$  și foarte săracă în oxigen. Sunt situații în care în condițiile de anoxie pe timp îndelungat și de dominare a proceselor anaerobe de descompunere se acumulează cantități mari de  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{CH}_4$  etc.
- zona mezofotică este caracteristică lacurilor cu adâncimi mari, fiind situată între zona eufotică și cea afotică; avînd caracter de trecere.

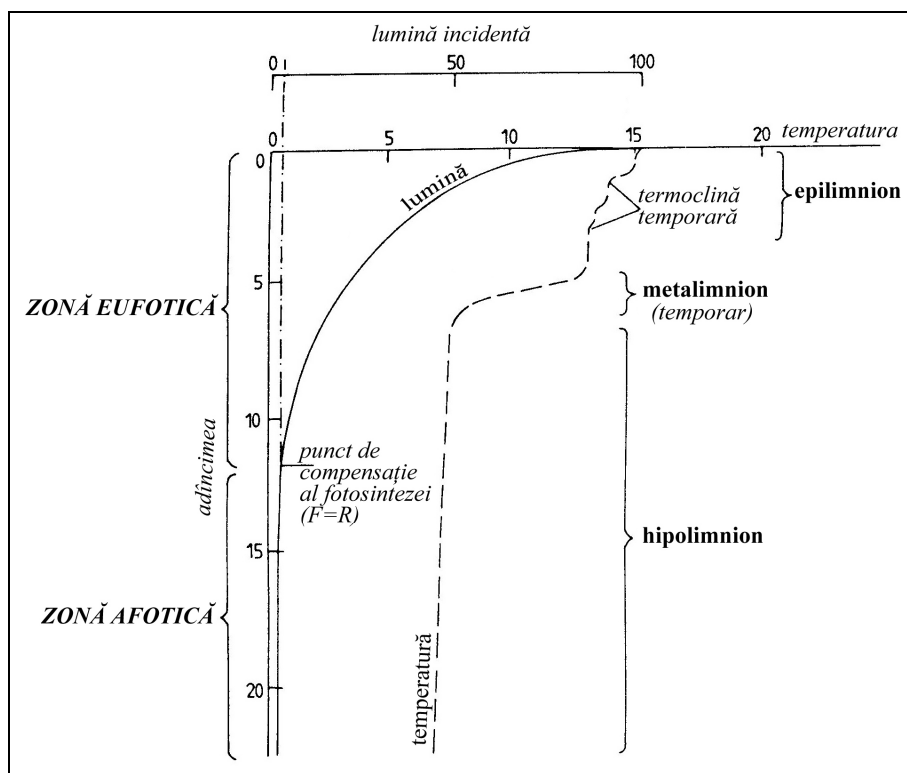


Fig. 4.16. Structura pe verticală a lacurilor determinată de temperatură și lumină (vara) (F – fotosinteza; R – respirația; temperatura este dată în  $^{\circ}\text{C}$ , lumina incidentă în procente iar adâncimea în metri) (din Horne și Goldman, 1994)

Limita între cele două zone de bază (eu- și afotică) nu este foarte strictă și de durată, putându-se modifica atât de la o zi la alta, cât și de la o oră la alta pe parcursul aceleiași zile, în funcție de schimbările intensității luminoase și a transparenței apei. În general, lacurile oligotrofe, formate pe substrat cristalin, au o zonă eufotică care se poate întinde până la adâncimi de 150 m. În cazul lacurilor cu adâncimi mici (*shallow lakes*), încadrate la zone umede, cu apă curată cu transparență mare, zona eufotică se poate întinde până la fundul cuvetei lacustre, lipsind zona afotică. Dar există și lacuri mici, cu turbiditate mare (cele distrofe sau foarte poluate) unde zona eufotică poate lipsi sau este foarte redusă ca adâncime.

### **Stratificarea termică a lacurilor**

Stratificarea termică a lacurilor este determinată de încălzirea inegală a straturilor de apă, diferită în funcție de climă, determinată de așezarea geografică și de relief dar și de adâncimea lacurilor. Factorii implicați în stratificarea termică a lacurilor, pe lângă climă și relief sunt: capacitatea calorică specifică a apei și modificarea densității apei (și deci a greutateii) în funcție de temperatură, concentrație în săruri și presiunea atmosferică.

În zona temperată, cu cele patru anotimpuri, are loc o stratificare termică directă vara, când temperatura scade de la suprafață spre adâncime și o stratificare termică inversă iarna - când temperatura crește de la suprafață spre adâncime (fig. 4.17.).

În timpul stratificării termice directe, de vară, scăderea temperaturii are loc inițial cu valori mici, în funcție de modificarea temperaturii aerului, pentru ca la o anumită adâncime temperatura apei să scadă brusc, ajungând la adâncimi mai mari la valori mici ( $< 10^{\circ}\text{C}$ ), în condițiile în care la suprafață temperatura apei poate atinge valori mai mari de  $20^{\circ}\text{C}$ . Acea porțiune unde are loc scăderea bruscă și accentuată a temperaturii se numește **termoclină** (fig. 4.16.), care se situează la adâncimi diferite în funcție de tipul de lac (fig. 4.18.) și de factorii menționați anterior. Această situație se menține pe perioada anotimpului cald; modificări ale adâncimii la care se situează termoclina pot fi cauzate în primul rând de factorii climatici, de exemplu vânturile de intensitate mare pot modifica termoclina sau bariera termică (saltul termic).

Odată cu răcirea vremii, toamna, are loc scăderea treptată a temperaturii apei și se inițiază procesul de amestec al apei, straturile mai reci și deci mai grele cad la adâncime, cele mai calde se ridică la suprafață, existând un moment când, toamna, temperatura apei este aceeași de la suprafață până la adâncime (fig. 4.17.), evident, pe o perioadă scurtă (una sau mai multe zile). Se instalează apoi stratificarea termică inversă, de iarnă (fig. 4.17.), când temperatura apei crește de la  $0^{\circ}\text{C}$  sau mai puțin în aer în condiții de pod de gheață la suprafața apei - spre adâncime, atingând în lacurile de mare adâncime în zona profundă valori de până la  $4^{\circ}\text{C}$ , când densitatea și deci greutatea apei sunt maxime.

Primăvara, odată cu încălzirea vremii are loc topirea gheții și încălzirea apei, treptat, astfel că la un moment dat temperatura apei are aceeași valoare de la suprafață până la adâncime (fig. 4.17.), în procesul de amestecare a apei din punct de vedere termic, similar cu cel din toamnă, până se instalează stratificarea termică directă de vară. Cele două perioade de stratificare a apei sunt cunoscute în literatura de specialitate și sub denumirea de stagnație estivală și respectiv stagnație hibernală. Valorile diferite ale temperaturii în timpul stratificării termice a apei din lacuri din timpul verii determină modificări ale concentrației de oxigen dar și de dioxid de carbon combinat și cu efectul procesului de fotosinteză asupra concentrației  $\text{CO}_2$ . Se poate vorbi și de o **oxiclină** - forma curbei care exprimă modificarea concentrației de oxigen, ce este identică cu cea a temperaturii (fig. 4.19.), în timp ce pentru  $\text{CO}_2$ , care crește spre adâncime, este ca imaginea în oglindă a oxicleinei. Există și modificări ale cantității și calității altor substanțe chimice dizolvate în apă în perioadele de stratificare termică a apei lacurilor, putându-se vorbi global și de o **chemoclină**.

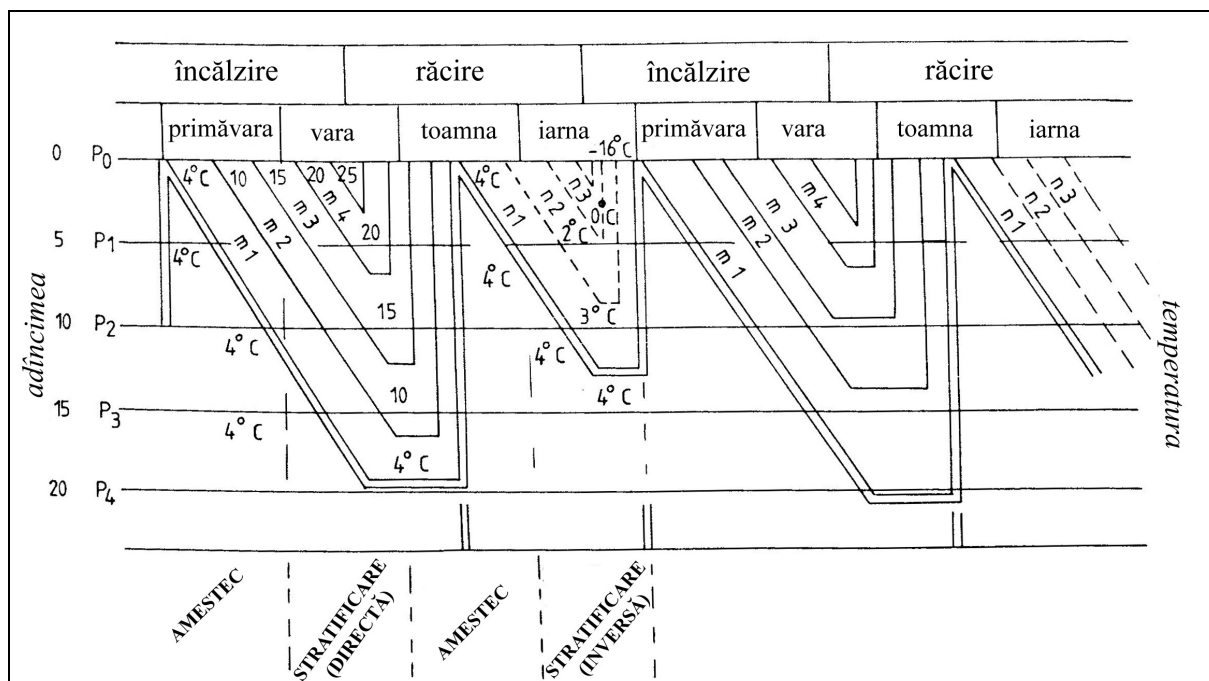


Fig. 4.17. Modelul stratificării termice într-un lac din zona temperată pe parcursul unui an (linia dublă reprezintă temperatura de 4°C, cu densitatea cea mai mare; P – adâncimea; n, m – izoterme; temperatura este dată în °C, iar adâncimea în metri (modificat după Forel, 1892)

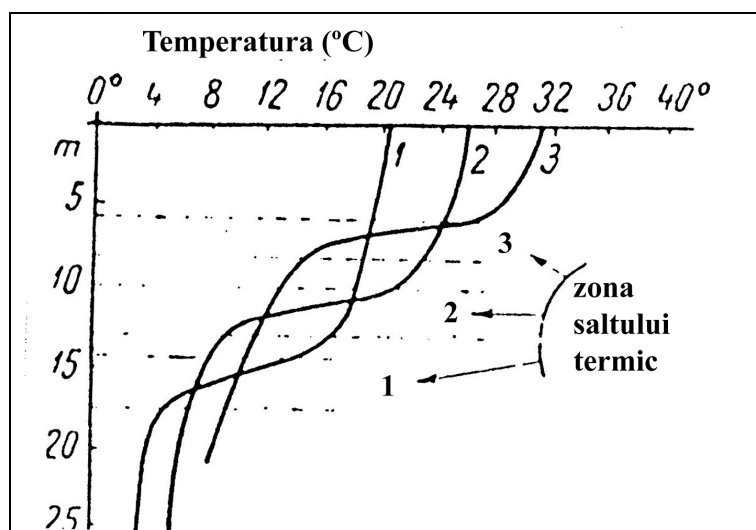


Fig. 4.18. Termoclina în lacuri de diferite mărimi: 1 – lac mare și adânc; 2 – lac mijlociu; 3 – lac mic (după Pora și Oros, 1974)

Excepție de la modelul prezentat pentru lacurile din zona temperată o constituie unele lacuri cu apă sarată sau supersarată, unde valorile mari ale densității apei sunt determinate de cantitatea mare de săruri dizolvate, nemaifiind valabilă relația densitate-temperatură. Se ajunge ca un strat de apă mai caldă, de 30 - 35°C, de exemplu, deci mai ușoară, să fie cuprins între două straturi de apă cu temperatura mai scăzută, de 20 - 25°C, de exemplu, deci mai grele. Acest lucru se datorează concentrației mari de săruri în stratul median în exemplul menționat, și deci greutateii mai mari comparativ cu celelalte două straturi cu temperaturi mai mici situate deasupra și dedesubt. Aceste fenomene sunt cunoscute sub denumirea de **mezotermie** sau **dichotomie** și sunt foarte frecvente în lacurile sărate, cele formate pe substrat cu sare sau cele provenite prin izolare din mări (de exemplu lacurile din Marele Rift African, Tudorancea și Taylor, 2002).



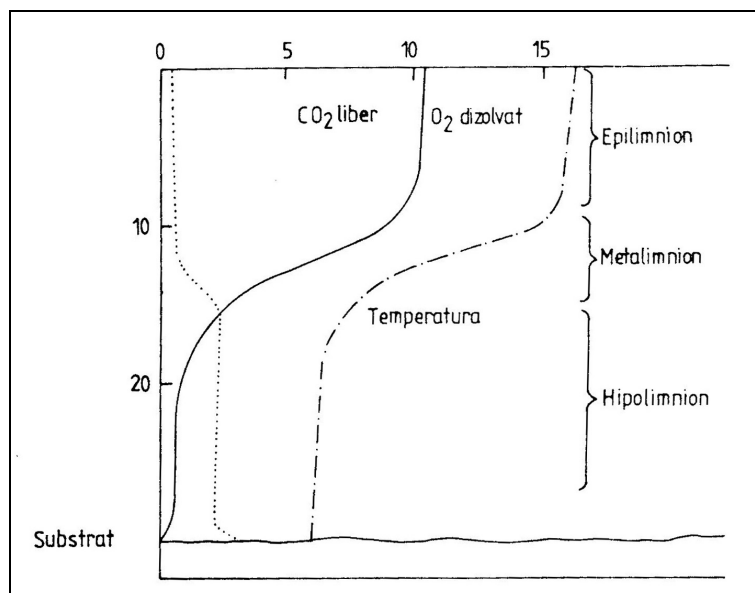


Fig. 4.19. Structura pe verticală a lacurilor determinată de conținutul în dioxid de carbon și oxigen (vara) (după Horne și Goldman, 1994)

Hutchinson și Löffler (1956) clasifică lacurile după gradul de amestecare al masei de apă și tipul de stratificare termică în funcție de temperatură în:

**1. lacuri holomictice:** lacuri în care are loc amestecarea completă a masei de apă de la fundul bazinului până la suprafață, cu următoarele categorii:

- dimictice – cu cele 2 circulații de primăvară și toamnă și cele 2 stagnări de vară și iarnă; cu stratificare directă vara și inversă iarna;
- monomictice – cu o singură circulație a apei, fără să se schimbe tipul de stratificare:
  - monomictice calde – circulația are loc la începutul sezonului rece și se reface (sunt lacuri situate în regiuni cu climă caldă, cu stratificare termică directă);
  - monomictice reci – circulația are loc la începutul verii și se reface în scurt timp (situate în zone cu climă rece, stratificație termică inversă);
- polimictice – lacuri puțin adânci expuse vînturilor puternice, furtunilor, unde stratificarea poate dura cîteva săptămîni, iar la apariția unei furtuni are loc amestecarea straturilor de apă, urmată de refacerea stratificării în cîteva zile (Lacul George din Uganda sau Clear Lake din California);
- oligomictice – situate în zone cu climat constant, mai puțin extrem (rece sau cald), unde pot avea loc fenomene de amestecare a apei numai o dată la cîteva ani. Amestecarea este foarte lentă, imperceptibilă, datorită vitezei mici.

Pot exista subdivizinuni în cadrul aceleiași categorii. De exemplu, după Ujvari (1972), lacurile dimictice din România sunt:

- dimictice reci (alpine cu temperatura maximă vara la suprafața apei de 4 - 10°C);
- dimictice moderate (montane carpatine cu temperatura maximă vara la suprafața apei de 10 - 20°C);
- dimictice calde (din zona colinară și de șes, cu temperaturi maxime vara la suprafața apei de 20 - 30°C).

**2. lacuri meromictice:** în care datorită adîncimii mari, apa nu are energia suficientă pentru a se amesteca complet sau în care apar straturi de apă cu concentrație foarte mare de săruri; astfel nu se produce amestecarea totală, ci una parțială (de exemplu Lacul Tanganica, lac provenit prin izolare de ocean, cu adîncime foarte mare, cu o concentrație foarte mare de sare a apei la fund). Uneori uragane, furtuni

puternice pot produce amestecarea ocazională a apei acestor lacuri meromictice, cu efecte drastice pentru viețuitoare datorită antrenării CO<sub>2</sub> și H<sub>2</sub>S acumulate în cantități mari în timp. Un exemplu în acest sens este Lacul Myos (Camerun), lac vulcanic, meromictic, datorită concentrației mari de săruri a apei de la fund. La un moment dat, datorită unei alunecări de teren de proporții, s-au eliberat cantități uriașe de dioxid de carbon și hidrogen sulfurat, care au ucis peste 200 de locuitori din zona malurilor și numeroase animale acvatice și terestre din zona învecinată.

3. **lacuri amictice:** permanent acoperite cu gheață, permanent stratificate (invers); de exemplu lacurile din Antarctica sau lacurile mici de la altitudini și latitudini mari.

### **Comunități de plante și animale din lacuri**

Pot fi abordate din cel puțin trei puncte de vedere:

1. **din punct de vedere al biocenozelor**, în lacuri sunt bine reprezentate atât cele din bentos (epi- și endobentos cu adaptările caracteristice) în zona malurilor și de fund a cuvetei lacustre (bental), precum și cele din pelagos, caracteristice zonei pelagiale sau limnetice. Pelagosul are toate componentele prezentate: plancton, neuston, pleuston și necton, cu adaptările proprii fiecărui tip. Interacțiunile dintre organisme comunităților acvatice din lacuri, mări, oceane și zone umede sunt deosebit de complexe, pe lângă aspectele cu valabilitate generală menționate la capitolele anterioare, apar o serie de particularități determinate de structura în plan orizontal și vertical. Dinamica temporară și spațială a comunităților acvatice este mult mai evidentă în mediul lentic, uneori cu adâncimi foarte mari, decât în cel lotic.
2. **din punct de vedere al grupelor funcționale (ghilde)**, deci al rolului pe care-l au organismele în cadrul lanțului trofic, în lacuri sunt prezente: autotrofele și heterotrofele.

**2.1. autotrofele** din lacuri sunt reprezentate de:

- fotoautotrofe sau fotosintetizante sau producătorii primari care utilizează surse anorganice și energia solară pentru sinteza materiei organice. Sunt reprezentate în lacuri de plante superioare (cormofite), alge (talofite) și bacterii fotosintetizatoare;
- chemoautotrofe sau chemosintetizatoare care utilizează tot surse anorganice, diferența constând în aceea că energia rezultă din procesele de desfacere (reacții chimice de oxido-reducere) a unor substanțe chimice cu S, Fe, N etc. de către bacteriile sulfoxidante și sulfreducătoare, feroxidante și ferreducătoare etc. Pe lângă lacuri, acest tip de sinteză a materiei organice are un rol important în unele zone umede, mări și oceane.

**2.2. heterotrofele** reprezentate după natura hranei utilizate de:

- erbivore ce sunt reprezentate în lacuri de diverse grupe de animale, unele microscopice: rotifere, crustacee până la animale de talie mai mare precum unele larve de insecte, pești sau mamifere;
- carnivorele, ca și omnivorele au o largă reprezentare, începând cu forme microscopice, până la cele de talie mare: crustacee, larve de insecte, insecte adulte, batracieni, reptile, pești sau mamifere;
- descompunători, cu rol mare în mineralizarea materiei organice, denumiți și mineralizatori, sunt reprezentați de: bacterii, actinomicete, hifomicete și drojdii. Bacteriile, cele saprofite realizează mineralizarea materiei organice, fiind aero- sau anaerobe. Sunt prezente și forme parazite care pot produce boli organismelor acvatice și omului. Virusurile sunt obligat parazite intracelular, asociate procesului de sănătate publică, producând boli grave nu numai organismelor acvatice ci și omului (Sigee, 2005). Grupul ciupercilor în sens larg, este reprezentat de forme saprofite cu rol în mineralizarea materiei organice dar și de cele parazite, care produc boli. Din grupul saprofitelor, rol important îl au ficomicetele, actinomicetele,

hifomicetele, drojdiile și fungii imperfecti, care contribuie la descompunerea ligninei din lemn și a chitinei provenită de la insecte.

**3. sub aspect ecologic** în mediul lentic sunt prezente un număr mare de elemente euribionte. Sunt reprezentate toate tipurile de organisme din categoria stenobiontelor (pentru temperatură, pH, cantități de săruri, presiune hidrostatică, oxigen) dar și cu alte valențe, cum ar fi perioadele lungi de anoxie, cantități mari de  $H_2S$  sau alternarea perioadelor uscate, lipsite complet de apă cu cele acoperite cu apă (flux – reflux, zone umede temporare).

Piramida trofică pentru lacuri are forme diferite în sezonul cald față de cel rece (fig. 4.20.). Lanțurile și rețelele trofice din lacuri sunt diferite în zona limnetică – pelagică (fig. 4.21. **A**) și în perifiton (fig. 4.21. **B** și **C**), uneori consumatorii de vîrf fiind animale omnivore (fig. 4.21. **D**).

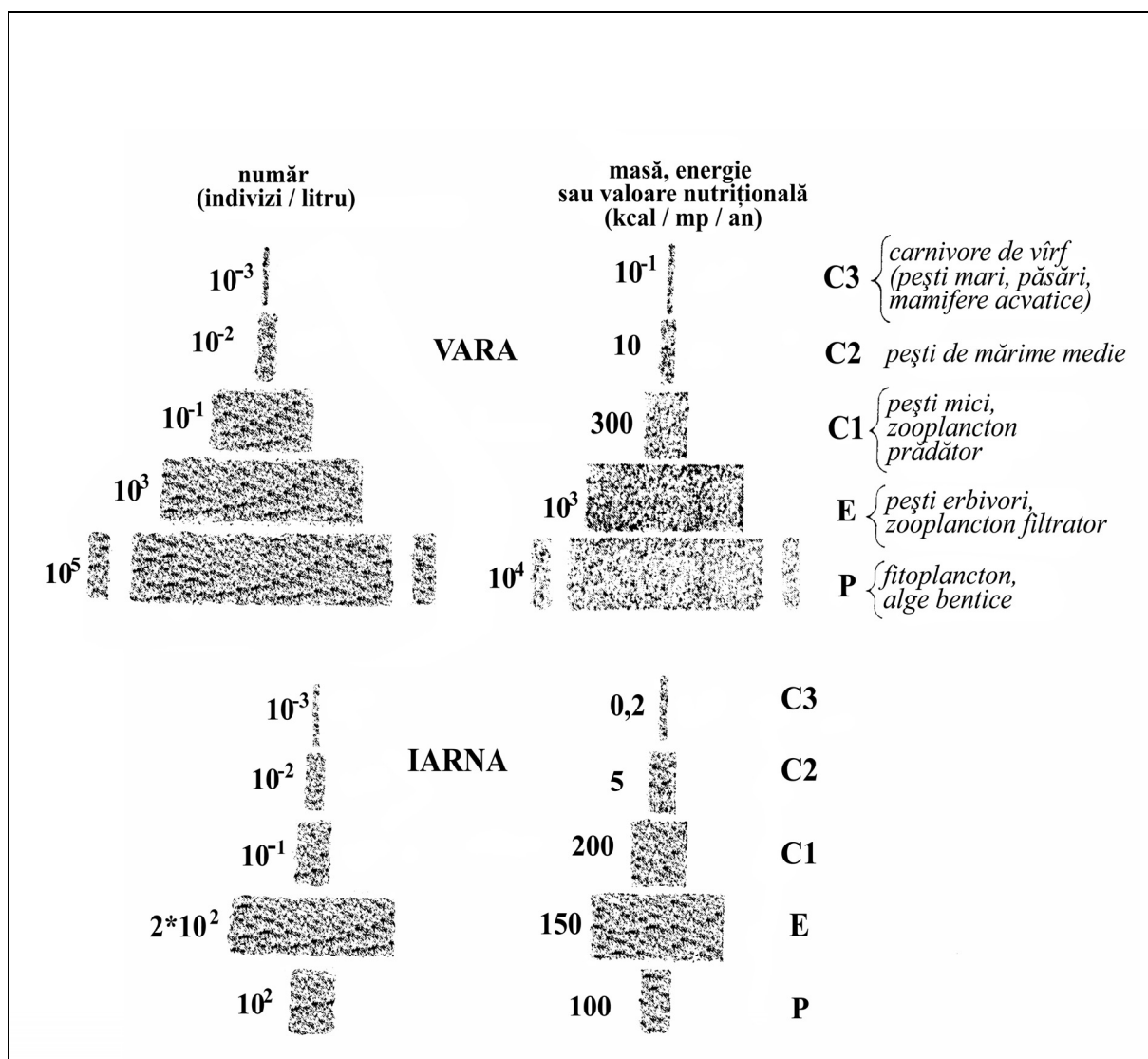


Fig. 4.20. Piramide trofice realizate pe baza numărului de indivizi sau biomasă, energie și valoarea nutrițională pentru un lac din zona temperată vara și iarna (după Horne și Goldman, 1994)

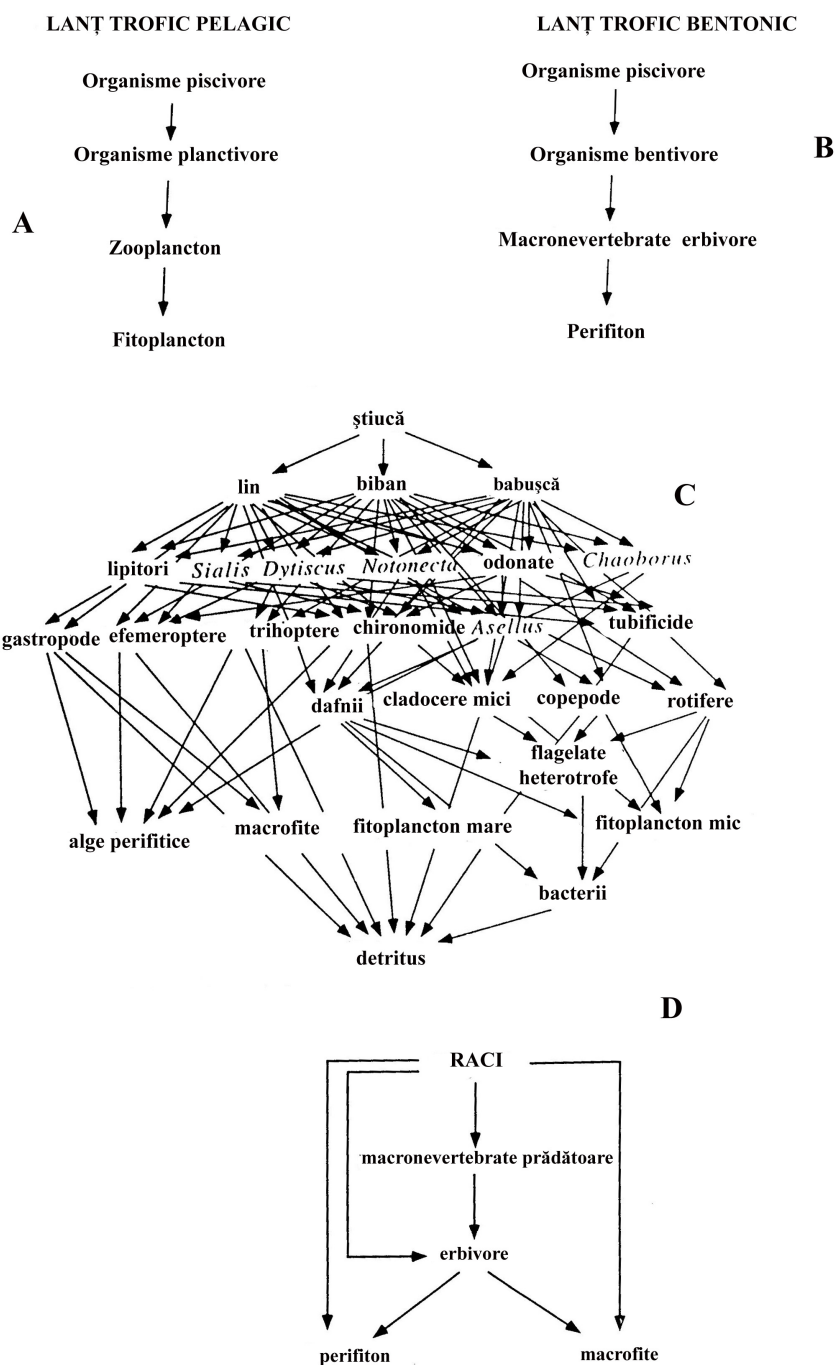


Fig. 4.21. Tipuri de lanțuri trofice în lacuri: **A**, **B** – lineare; **C** – rețea; **D** – linear cu specii omnivore în vîrf (după Brönmark și Hansson, 2008)

Dintre concepțiile moderne în studiul ecologiei ecosistemelor acvatice lentice, una dintre cele mai importante este **teoria cascadelor trofice din lacuri**, ce se referă la grupele fiziologice de organisme, dispuse în cascadă (Paine, 1980; Carpenter și colab., 1985), cu structura prezentată în figura 4.22., precum și teoria **“buclei microbiene”** care asigură supraviețuirea animalelor acvatice în sezonul cald, după epuizarea nutrienților și declinul comunităților algale (fig. 4.23.). Cascadele trofice au la bază producătorii primari compuși din alge (comestibile sau necomestibile) dar și bacterii chemosintetizante. Nivelul consumatorilor este compus din zooplanctonul erbivor și din animale carnivore (nevertebrate și vertebrate). Consumatorii de vîrf sunt reprezentați de pești (fig. 4.22.). Acest lanț trofic convențional autotrof-heterotrof este înlocuit în zona temperată în anotimpul călduros, marcat de stratificarea termică de vară, odată cu epuizarea nutrienților de unul

cu caracter heterotrof cunoscut sub denumirea de “*buclă microbiană*” (fig. 4.23.). În esență, consumatorii (erbivore, carnivore de ordinul I și cei de vîrf) supraviețuiesc în acest interval datorită dezvoltării organismelor heterotrofe (bacterii, flagelate, ciliate) care se dezvoltă pe seama materiei organice dizolvate din apă.

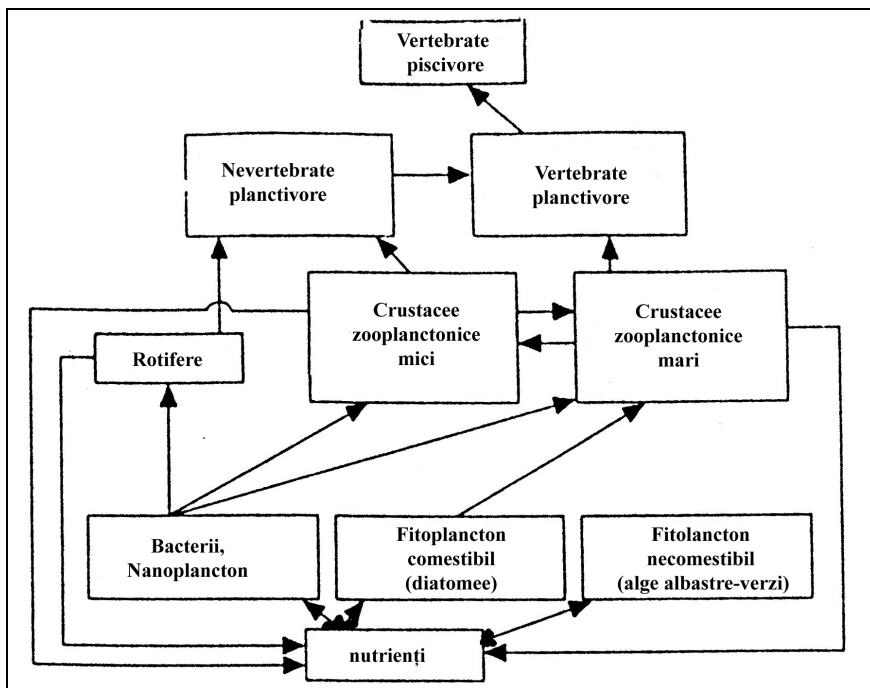


Fig. 4.22. Cascade trofice în lacuri (după Horne și Goldman, 1994)

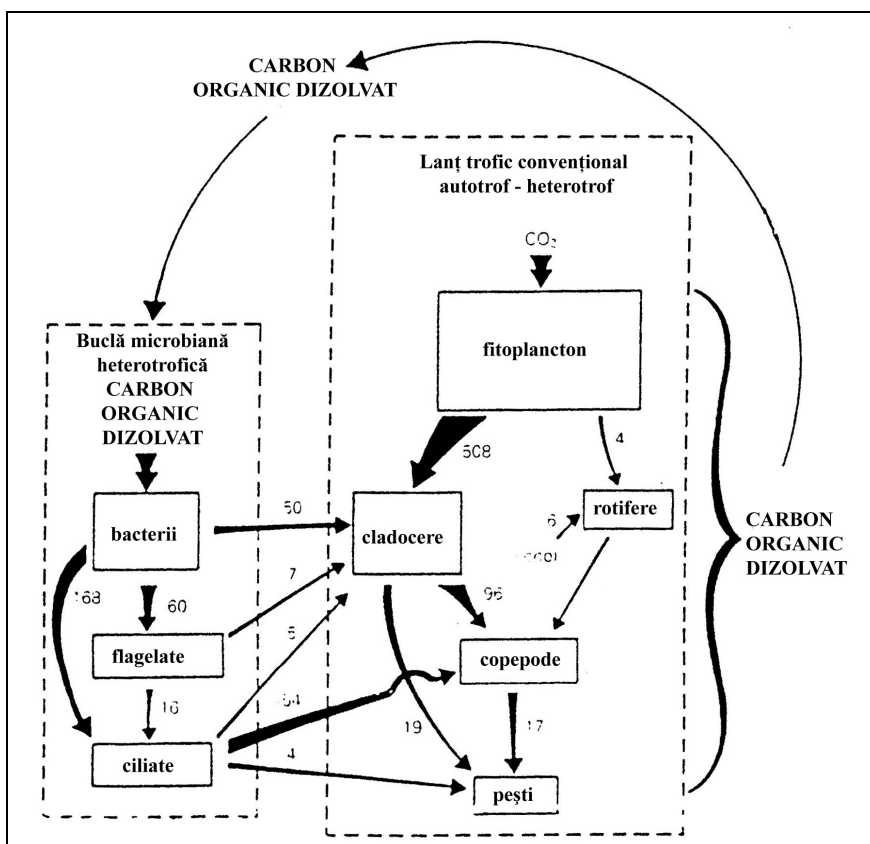


Fig. 4.23. Circuitul carbonului, cu bucla microbiană din perioada verii, cînd fitoplanctonul înregistrează un minim de dezvoltare (cifrele reprezintă cantitatea de carbon ( $\text{g C/m}^2/\text{zi}$ ) (după Horne și Goldman, 1994)

#### **Caracteristici ale apelor stătătoare (mediul lentic):**

- structură mai stabilă, comparativ cu râurile, determinată de interacțiunea factorilor fizici, chimici și biotici (stratificare termică, structură determinată de pătrunderea luminii, acumulări de turbă sau sapropel);
- evoluția, teoretic previzibilă, cunoscută, în funcție de modificarea factorilor biotici și abiotici, respectiv intervenția omului, de la oligotrof spre eutrof în procesul succesiunii ecologice;
- fenomene frecvente de hipo- și anoxie în funcție de tipul de lac și datorită modificărilor condițiilor de mediu dar și impactului antropic;
- mai pregnante și frecvente fenomenele de eutrofizare asociate cu cele de „înfloriri” ale apei, comparativ cu cele din apele curgătoare;
- lanțuri și rețele trofice diversificate.

## **4.4. Zone umede**

Studiul zonelor umede (*wetlands*) reprezintă un domeniu nou de studiu în cadrul hidrobiologiei, care reprezintă subiectul unui curs de sine-stătător. Totuși, în subcapitolul de față se vor trece în revistă cele mai importante caracteristici ale zonelor umede, avînd în vedere rolul major jucat de aceste ecosisteme particulare.

O lungă perioadă din istoria omenirii politica prioritară a fost aceea de drenare și defrișare a zonelor umede, de îndiguire a râurilor sau a zonelor de coastă și de desființare a numeroase și diverse zone umede, în scopul cîștigării de noi terenuri pentru agricultură, pentru construirea drumurilor de acces, de porturi, aeroporturi sau așezări omenești sau pentru extragerea unor resurse: lemn, stuf, turbă, fosfați, diverse specii de animale etc. Aceste acțiuni destructive asupra zonelor umede pot avea drept cauză și faptul că mult timp ele au fost percepute de către om ca locuri generatoare de boli și pericole, datorate animalelor care trăiau acolo sau „aerului rău” care plutește deasupra lor (hidrogenul sulfurat); au fost asociate cu malaria („*aer rău*”) sau cu focurile spontane (cauzate de degajările de metan), cauzele acestor fenomene fiind descoperite tîrziu în istoria omenirii, odată cu dezvoltarea științei.

Acțiunile de desființare a zonelor umede s-au desfășurat într-un ritm din ce în ce mai alert datorită creșterii numărului de locuitori pe Terra și deci a creșterii nevoilor lor; dezvoltarea industrială și a agriculturii reclamă din ce în ce mai multe materii prime, multe provenite din zone umede.

Ecosistemele acvatice și în particular zonele umede sunt dintre cele mai vulnerabile și mai expuse diverselor forme de impact și în același timp cel mai dificil și costisitor de abordat în ceea ce privește reconstrucția lor ecologică.

În a doua jumătate a secolului trecut, o serie de specialiști, biologi în primul rînd, între care rol însemnat l-au avut ornitologii, au transmis un semnal de alarmă în legătură cu pericolele grave care au apărut odată cu dispariția și denaturarea a tot mai multe zone umede.

Pe 2 februarie 1971 a avut loc la Ramsar (în Iran) „**Convenția asupra zonelor umede de importanță internațională**”, în special ca habitate ale pasărilor, cu intrare în drepturi depline în decembrie 1975. Obiectivul declarat al Convenției a fost conservarea zonelor umede, cu accent pe cele care constituie habitat pentru păsările acvatice, cu flora și fauna lor, acestea constituindu-se în importante resurse naturale, științifice, economice și recreative, a căror pierdere ar fi ireparabilă.

Alegerea zonelor umede (situri) Ramsar pentru conservare se bazează în primul rînd pe rolul, funcțiile lor sau pe serviciile pe care le oferă din punct de vedere ecologic; și în al doilea rînd pe importanța lor internațională pentru păsările de apă.

Numărul țărilor semnatare ale Convenției Ramsar a trecut de 100 iar numărul zonelor umede de importanță internațională incluse pe liste Ramsar a trecut de 1.000, cel mai mare sit fiind Delta Okavango din Bostwana cu peste 6 milioane de ha, adică cu peste 10% din suprafața totală a zonelor umede Ramsar; iar cel mai mic fiind Izvorul Hosnie din Christmans Island, Australia, cu 0,33 ha (mangrove cu *Brugieria*).

România a ratificat Convenția de la Ramsar prin Legea nr. 5 din 1991. Astfel, România se obligă să inventarieze toate zonele umede importante din punct de vedere ecologic, botanic, zoologic, limnologic etc. pentru a fi declarate zone ocrotite; ca parte a Convenției, România se obligă de asemenea să elaboreze și să aplice planuri de amenajare și management în scopul conservării, protecției și utilizării zonelor umede în conformitate cu principiile dezvoltării durabile. Delta Dunării a devenit Rezervație a Biosferei, Zonă Ramsar de importanță Internațională și Zonă a Patrimoniului Mondial și Național Cultural.

În ultimii ani studiul zonelor umede se situează între preocupările prioritare ale ecologiei acvatice, fiind axat pe stoparea distrugerii lor, pe redresare ecologică, pe refacerea zonelor umede dispărute, în paralel cu inventarierea zonelor umede, protecția și conservarea acestora. Studiarea zonelor umede presupune studii multi- și interdisciplinare (biologi, ecologi, geologi, geografi, pedologi, chimiști, ingineri hidrologi, ingineri piscicoli, ingineri de mediu, manageri de mediu, economiști, juriști etc.).

### Definirea zonelor umede

Definirea zonelor umede (*wetlands*) a fost deosebit de dificilă datorită diversității foarte mari a acestora, dar și a profesiei diferite a celor care le-au definit: pe de o parte oamenii de știință ce urmăresc cunoașterea structurii și funcționării acestor ecosisteme particulare și pe de altă parte practicienii (ingineri, economiști, avocați, politicieni) ce vizează în primul rând obținerea de profit pe seama resurselor zonelor umede. Astfel, există peste 100 de definiții, accentuându-se una sau alta dintre caracteristicile sau serviciile oferite de zonele umede.

Principalele elemente utilizate în definirea zonelor umede sunt: prezența apei (sursa, calitatea, hidroperioada, tipul); substratul (acoperit sau îmbibat cu apă, permanent, temporar); vegetația; fauna; resursele și așezarea geografică.

În accepțiunea tradițională, zonele umede sunt considerate zone de ecoton sau de tranziție între ecosistemele terestre și cele acvatice propriu-zise, dispuse pe un gradient de umiditate și/sau de salinitate (fig. 4.24.)

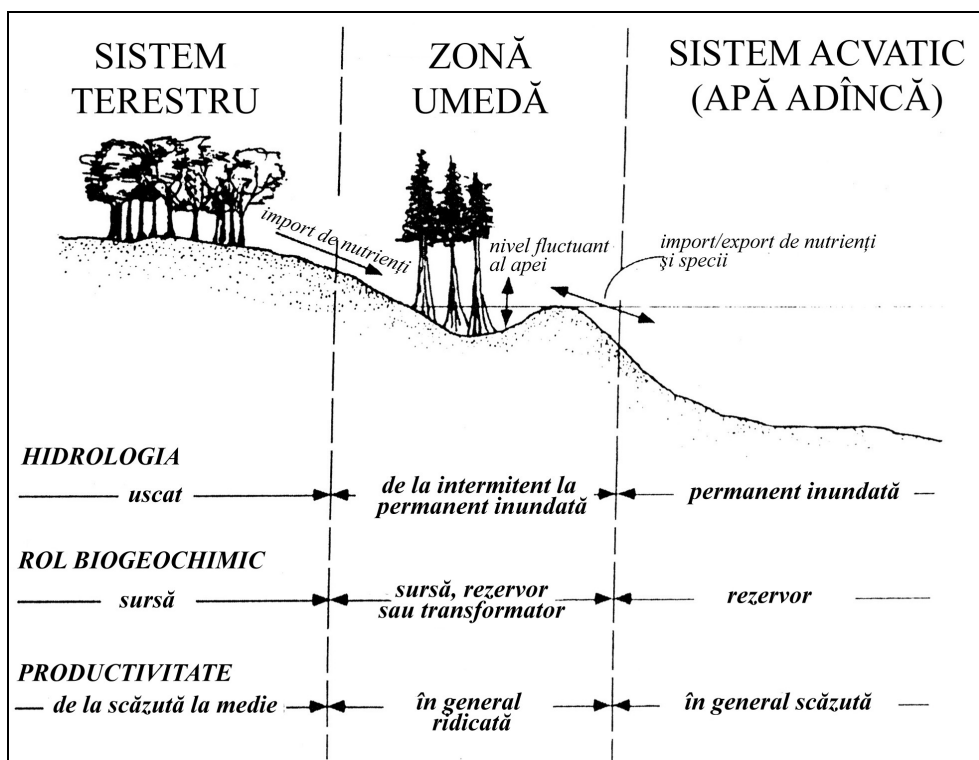


Fig. 4.24. Sistemele zonelor umede ca arii de tranziție (de ecoton) dintre ecosistemele terestre și acvatice cu apă adâncă (din Mitsch și Gosselink, 1993)

Una dintre cele mai vechi definiții (1956) aparține specialiștilor de la *U.S. Fish and Wildlife Service*: „suprafețe plane (joase) de teren acoperite permanent sau periodic cu apă”. Majoritatea definițiilor sunt incomplete, neputînd să includă toată diversitatea de zone umede existente. Astăzi se acceptă definiția acestor zone dată în cadrul Convenției de la Ramsar, care în ”**sens larg**” includ: ”bălți și mlaștini, lacuri și râuri, pajiști umede și tundră, oaze, estuare, delte, bălțile și mlaștinile din zona de litoral a mărilor și oceanelor, mangrove și recife de corali, precum și bazine acvatice amenajate de om: iazuri piscicole, orezării, lacuri de baraj și ecosisteme sărăturate (*salt pans*). După 1996 au fost incluse în această definiție și carsturile subterane și sistemele hidrologice ale peșterilor. În ”**sens restrîns**”, zonele umede sunt definite ca fiind ”arii acoperite cu bălți și mlaștini sau alte suprafețe cu sol îmbibat sau acoperite cu apă stătătoare sau curgătoare, dulce, sărată sau salmastră, care să nu depășească 6 metri la reflux, permanente sau temporare, naturale sau antropizate, cu o vegetație tipică adaptată substratului”.

Parlamentul Uniunii Europene prin Directiva Cadru Apă (2000/60) stabilește reglementări legale pentru ecosistemele acvatice în general, dar și specifice, cum sunt normele de protecție și măsurile care revin statelor UE în vederea protecției și conservării zonelor umede ca și a managementului eficient al acestora.

### Extinderea zonelor umede pe glob

Zonele umede sunt răspîndite în toate tipurile de zone geografice sau climatice ale Terrei, pe toate continentele cu excepția Antarcticii, de la ecuator spre poli, de la malul mării pînă în munți (fig. 4.25.). Se estimează că zonele umede reprezintă mai mult de 6% din suprafața uscatului, cu mai mult de 8,6 milioane kmp. Peste 50% din suprafața zonelor umede se situează în zonele tropicale și subtropicale și aproximativ 40% în zona boreală de tundră și taiga. Astfel, distribuția zonelor umede pe glob este inegală, de exemplu Canada are peste 14% din teritoriu acoperit cu zone umede; țările scandinave au un procent și mai mare, pe cînd în altele suprafața este neglijabilă (fig. 4.25.).

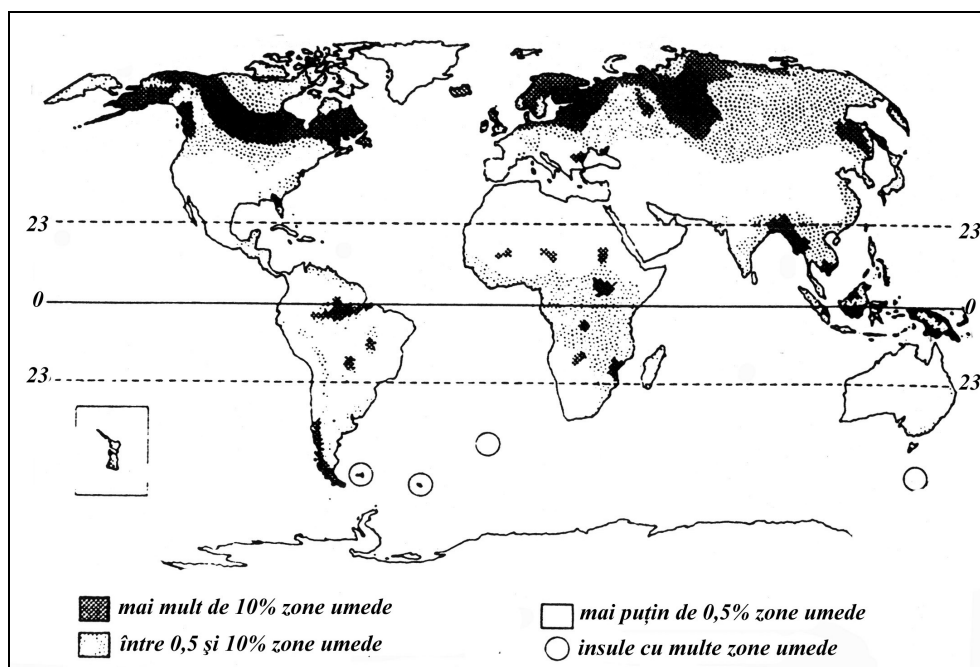


Fig. 4.25. Distribuția globală a zonelor umede (după Williams, 1990; din Van der Valk, 2006)

### Tipuri de zone umede

Varietatea foarte mare a zonelor umede, continentale sau de coastă marină sau oceanică, recife de corali, cu apă stătătoare sau curgătoare, temporare sau permanente, naturale sau care funcționează în regim dirijat etc., determină dificultăți mari în clasificarea acestora. Un impediment serios în munca celor care s-au implicat în clasificarea zonelor umede a fost lipsa unei metodologii



standard, unanim acceptată la nivel mondial. De exemplu, noțiunile care denumesc tipurile de zone umede sunt foarte multe în literatura engleză și foarte puține pentru limba română; există cel puțin 25 de termeni ce denumesc diferite tipuri de zone umede în limba engleză: *bog, muskeg, peatland, fen, carr, marsh, constructed wetland, mangrove, wet meadow, mire, bottomland, pothole, pocosin, slough, moor, reedswamp, playa, paperbark wetland, swamp, wet prairie, vernal pool, bayou, dambo, seasonally flooded basins or flats, coastal salt marsh*. În literatura română de specialitate, o lucrare remarcabilă este cea referitoare la mlaștinile de turbă din țara noastră (Pop, 1960).

Scopul clasificării zonelor umede este facilitarea identificării și inventarierii lor și a transcrierii pe hărți pentru acțiuni de cunoaștere a structurii și funcționării zonelor umede, de protecție, conservare, reconstrucție ecologică sau management inclusiv în scopul utilizării durabile a resurselor lor.

S-au elaborat diverse sisteme de clasificare, dintre care poate cel mai utilizat este sistemul elaborat de Cowardin și colab. (1979) în cadrul proiectului SCOPE S.U.A. Acest sistem îmbină criteriul structural (ce consideră hidrologia, substratul și tipul de vegetație) cu cel funcțional, referitor la caracterul permanent sau temporar (sezonier, intermitent sau chiar efemer) al zonelor umede. Clasificarea după Cowardin și colab., 1979 operează cu 3 unități de clasificare de bază, cu posibilitatea extinderii și a subunităților pentru zonele umede naturale și ecosistemele acvatice cu apă adâncă:

- **sistemul**, ce grupează zonele umede care au 3 sau mai multe trăsături definitorii similare (hidrologie, substrat, vegetație, mod de funcționare);
- **subsistemul**, ce grupează zonele umede care au 1 - 2 caracteristici identice (de exemplu hidrologia și vegetația);
- **clasa**, ce grupează zonele umede care au cel puțin o trăsătură identică (de exemplu aceeași hidrologie).

De exemplu, în cadrul sistemului lacustru (*lacustrine*), avem subsistemul limnetic, cu clasele: substrat bolovănos, substrat neconsolidat, substrat acvatic (Cowardin și colab., 1979).

Această clasificare a fost adoptată și acceptată de Convenția Ramsar pentru zonele umede naturale, ce recunoaște următoarele sisteme:

- **sisteme marine**: asociate coastei mărilor și oceanelor, cu apă sărată, în primul rând lagunele dar și recifele de corali;
- **sisteme de estuare și delte**: includ zone umede de delte, estuare, mangrove sau altele influențate de maree;
- **sisteme riverane**: zone umede asociate apelor curgătoare, râuri și fluvii;
- **sisteme lacustre**: zone umede asociate lacurilor mari dar și lacurilor de mică adâncime (*shallow lakes*);
- **sisteme palustre**: zone umede constituite din bălți și mlaștini, cu apă puțin adâncă sau cu substrat îmbibat cu apă.

La clasificarea zonelor umede naturale conform Convenției de la Ramsar se adaugă o a doua categorie de zone umede, cele antropice, create de om: iazuri, eleștee, terenuri agricole irigate, canale de irigații, lacuri de acumulare etc.

O încercare de clasificare a zonelor umede pentru România, utilizând cele trei unități de bază, sistemul, subsistemul și clasa (Török, 2000) ar include: **1.** sistemul zonelor umede marine influențate de maree; **2.** sistemul zonelor umede de coastă (estuare și delte); **3. - 5.** zone umede continentale (interioare), care pot fi încadrate la sistemele riverane, lacustre și palustre. Fiecare sistem are mai multe tipuri de zone umede încadrate la subsisteme și clase. Pe lângă zonele umede naturale încadrate pe sisteme / subsisteme în clasificarea menționată sunt prezentate și zonele umede create de om din România: iazuri și eleștee; bazine create de om pentru alimentare cu apă potabilă, pentru irigații, pentru adăparea vitelor etc.; culturi irigate; canale de irigație și de drenaj; zone de exploatare a sării, a fosfaților; lacuri rezultate din escavații (nisip, pietriș etc.); bazine pentru tratarea apei; culturi agricole irigate sezonier (orezării).

### **Serviciile (funcțiile) zonelor umede**

Funcțiile zonelor umede, denumite și servicii, rezultă din interacțiunea structurii lor cu factorii de mediu, separarea pe tipuri făcându-se doar sub aspect didactic. Astfel, există:

- 1. funcții hidrologice:** se referă la faptul că zonele umede constituie acvifere naturale, adică surse de apă pentru mediul natural dar și pentru om; de asemenea ele reprezintă zone tampon care reglează regimul hidrologic al râurilor în timpul inundațiilor sau în zone umede de coastă în timpul marilor furtuni și uragane.
- 2. funcții hidrofizice:** se referă la procesele de decantare, filtrare și sedimentare proprii zonelor umede, acestea fiind considerate “rinichii peisajului”; în al doilea rând această funcție surprinde rolul ecoprotectiv antierozional al malurilor râurilor și al zonelor umede de coastă; zonele umede sunt de asemenea moderatori ai intensității vînturilor, adevărate “stavile naturale”, reprezentînd în final moderatori climatici.
- 3. funcții hidrochimice:** ce includ o serie de procese chimice ce au loc în zonele umede, cum ar fi: fenomene de anoxie și hipoxie; degajare de dioxid de carbon, hidrogen sulfurat, metanogeneză; fixare de azot molecular; nitrificare – denitrificare, sulfocare-desulfocare, reducerea/oxidarea fierului, manganului; gleizare; producere de oxigen (zonele umede fiind “plămîni verzi” ai peisajului); procese de dizolvare, floculare, absorbție, adsorbție (cu rol în menținerea calității apelor); epurarea apelor uzate cu ajutorul unor organisme (cum este *Eichornia*), care pot reduce cantitatea de azot și fosfor.
- 4. funcții biologice:** ce arată că zonele umede sunt regiuni cu “biodiversitate specifică”, fie foarte mare, fie foarte mică, în funcție de tipul de zonă umedă; ele reprezintă “sanctuale ale vieții sălbatice” și “magazine biologice (*biological supermarkets*)”, adăpostind comunități specifice, unele cu specii rare, relict, endemice sau de importanță biogeografică deosebită, multe zone umede fiind zone ocrotite.
- 5. funcții economice:** se referă la faptul că zonele umede sunt surse de bunuri și materii prime prin plante, animale și alte resurse: apă, turbă (Håkan și Jeglum, 2006), gaze naturale, fosfați etc.; în final ele asigurînd subzistența unor populații.
- 6. funcții estetice, sociale, culturale:** ce prezintă zonele umede ca adevărate laboratoare naturale pentru elevi, studenți, cercetători, dar și pentru verificarea unor idei și teorii științifice; mai mult, ele sunt surse de inspirație pentru artiști, surse de materie primă pentru îndeletniciri specifice și în sfîrșit, locuri ideale pentru recreere (vînat sau pescuit sportiv).

## 5. Mări și oceane

Mările și oceanele acoperă peste 2/3 din suprafața Pământului, reprezentând 1,35 - 1,37 miliarde km<sup>3</sup> de apă, volum care ar putea acoperi suprafața planetei cu un strat de 2500 m dacă aceasta ar fi netedă, fără forme de relief. Apa oceanelor nu este uniformă, ci prezintă o serie de modificări ale proprietăților fizice și chimice și prin urmare și ale comunităților de organisme acvatice (Frances și Guerrero, 2006). Aceste modificări se produc atât pe orizontală, în funcție de latitudine, ca și pe verticală, determinând o structură specifică în funcție de modificarea temperaturii, luminii, presiunii hidrostatice, salinității etc.

Oceanele constituie suprafețe sau întinderi foarte mari de apă, cu o largă circulație a maselor de apă, mărginite de mai multe continente. Oceanele, ca biomuri, au o serie de particularități cum ar fi cel mai lung lanț muntos existent pe Pământ (lanțuri muntoase ce se numesc dorsale oceanice), cea mai adâncă fosă (Groapa Marianelor, 11.034 m adâncime) și cea mai mare structură construită de viețuitoare, adică atolii de corali. La acestea se adaugă și faptul că oceanele, locul unde a apărut viața pe Terra, constituie locul unde trăiesc un număr uriaș de organisme, de la cele foarte mici, microscopice (bacterii și virusuri) până la cel mai mare animal de pe Pământ (balena albastră). În oceane se formează și acea forță uriașă care determină și condiționează clima planetei, prin mișcarea unor cantități imense de energie provenite de la soare și înmagazinate de apă.

Mările, comparativ cu oceanele, sunt întinderi cu suprafețe relativ reduse de apă, care pot să comunice direct cu oceanul sau să nu comunice, fiind mărginite de unul sau mai multe continente. În același timp, mările au, comparativ cu oceanele, o circulație mai limitată a maselor de apă și temperaturi medii anuale mai mari (Frances și Guerrero, 2006).

Scurtă clasificare a mărilor:

### I. după așezarea geografică există:

- mări de coastă sau litorale: Marea Chinei de Est, Marea Chinei de Sud, Marea Arabiei, Marea Japoniei;
- mări mediteraneene situate între două sau trei continente: Marea Mediterană, Marea Roșie, Marea Caraibilor;
- mări interioare: Marea Baltică, Marea Neagră;
- mări închise: Marea Caspică.

### II. după valorile temperaturii se definesc:

- mări polare, cu temperatura medie anuală ce nu depășește 4 - 5°C: arctice: Marea Barents, Marea Laptev; antarctice: Marea Weddel, Marea Ross;
- mări subpolare, cu temperatura medie anuală ce nu depășește 10°C: Marea Groenlandei, Marea Albă, Marea Norvegiei;
- mări temperate: reci, cu temperatura medie anuală cuprinsă între 8 și 15°C: Marea Nordului, Marea Scoției; calde, cu temperatura medie anuală cuprinsă între 15 și 23°C: Marea Neagră, Marea Japoniei;
- mări tropicale cu temperatura medie anuală cuprinsă între 23 și 25°C: Marea Sargaselor, Marea Caraibelor, Marea Mediterană, Marea Galbenă.

Scoarța terestră are grosimi cuprinse între 20 și 70 km (date mai vechi estimează între 20 și 80 km) în zona continentală și între 6 și 11 km (5 și 15 km conform unor date mai vechi) în cea suboceanică. Scoarța suboceanică este constituită din cele mai tinere formațiuni geologice, nedepășind 200 milioane ani, comparativ cu cea terestră, unde unele formațiuni ating vârste de 4 miliarde ani. În timp ce scoarța terestră formată în milioane de ani, cu procese de fragmentare și deplasare lentă a plăcilor tectonice, rămâne relativ stabilă, cea suboceanică se formează constant prin procese de expansiune și subducție a plăcilor tectonice.

Cele mai frecvente formațiuni geologice din scoarța suboceanică sunt cele sedimentare, care pot atinge și depăși grosimi de 5 km în unele locuri, acumulate pe durata a 100 milioane ani. În Marea Neagră grosimea sedimentelor ajunge pînă la 10 km. Originea sedimentelor este dublă, atât alohtonă cît și autohtonă. În primul caz, sedimentele rezultă din transportul de către râuri, fluvii și vînt a sedimentelor de pe continent, cele autohtone rezultă din acțiunea de eroziune a valurilor și curenților marini sau în urma unor procese chimice, de precipitare, ca și din mîlurile biogene compuse din scheletele unor organisme acvatice microscopice. Acestea pot fi de natură calcaroasă (foraminifere, coccolitoforidee (Lee, 2008) și pteropode) sau silicioasă (diatomee și radiolari). Rocilor sedimentare li se adaugă cele bazaltice și serpentinite.

Suprafața Pămîntului nu este un strat continuu, ci este alcătuită din mai multe plăci tectonice, 7 plăci majore (pacifică, africană, australiană, antarctică, eurasiatică, nord-americană și sud-americană) și 12 plăci mai mici. Toate plăcile majore, cu excepția celei pacifice, sunt continentale, marginile plăcilor învecinate întîlnindu-se sub ocean. Plăcile tectonice au un strat exterior din roci solide care este strîns unit de stratul superficial al mantalei Pămîntului. Deplasarea acestor plăci pe substratul vîscos al mantalei în timpul erelor geologice a determinat mișcarea continentelor, închiderea și deschiderea oceanelor și formarea munților (teoria plăcilor tectonice a lui Wegener). Limitele dintre plăcile tectonice sunt cele mai active, plăcile putînd să crească (să se ridice) sau să se scufunde. Plăcile tectonice se deplasează de sute de milioane de ani, în prezent viteza de deplasare este de 2,20 cm pe an.

### **Structura bazinelor marine și oceanice**

Structura bazinelor mărilor și oceanelor este determinată, ca și în cazul ecosistemelor acvatice continentale, de acțiunea simultană a factorilor de mediu abiotici și biotici. Specific pentru aceste ecosisteme sunt marea (flux - reflux) determinate de forța de atracție a lunii, vulcanii activi care constituie o forță uriașă care contribuie la modificarea structurii și marile fluvii și râuri care se varsă în mări și oceane. Se poate distinge și în acest caz o structură pe orizontală și alta în plan vertical.

#### ***Structura în plan orizontal***

Se disting cele două zone caracteristice bazinelor acvatice cu ape stătătoare, zona litorală (a malurilor) și cea pelagică (domeniul pelagic), reprezentată de masa apei (fig. 5.1. și 5.2.).

Pentru mări și oceane, zona litorală este reprezentată de platforma continentală, marginea continentală, platoul continental sau șelf. Zona pelagică are două subdiviziuni, provincia neritică, situată deasupra platoului continental și provincia pelagică, situată în porțiunea din larg, aceasta reprezentînd 91% din suprafața totală a oceanului planetar. Provincia neritică are o suprafață variabilă, în funcție de lățimea platformei continentale, care variază de la cîțiva kilometri în vestul Americii, pînă la 100 km în dreptul Siberiei, reprezentînd 9% din suprafața oceanului.

#### ***Structura în plan vertical***

Platoul continental are trei părți distincte în plan vertical: platforma continentală (platoul), care se continuă sub apă, sau șelf, abruptul continental sau taluzul continental și piemontul continental sau glacisul (fig. 5.1.), care constituie parte a domeniului bentic. Platforma continentală cuprinde suprafețele care în timpul ultimei glaciațiuni erau porțiuni de uscat și care au fost ulterior inundate. Are o pantă lină dinspre uscat spre interior, pînă la aproximativ 200 - 300 m, la nivelul muchiei

șelf-ului, după care panta devine abruptă, porțiunea numindu-se abruptul continental sau taluzul continental, care se continuă cu piemontul continental sau glacisul pînă la cîmpia abisală (fig. 5.2.) (cu adîncimi mai mari de 1.000 m). Zăcămintele de țiței și gaze naturale se află la nivelul șelf-ului. Considerînd distanța în kilometri de la nivelul țărmlui spre larg, în plan orizontal, marginea continentală se întinde pînă la 800 km, cu 200 km pentru șelf, 200 km pentru abruptul continental și 400 km pentru zona de piemont continental (glacis). Limitele dintre elementele marginii continentale sunt greu de definit datorită particularităților locale determinate de înclinarea pantei

(abruptul), existența unor canioane submarine la marginea șelf-ului, mai ales în zonele de vărsare a fluviilor sau a unor gropi (fose) de mare adâncime care mărginesc platforma continentală.

Fiecare din cele 3 elemente de baza ale domeniului bentonic (șelf, abrupt, glacis) are o structură specifică.

Platforma continentală sau zona litorală are în sens larg cele trei subdiviziuni menționate și la lacuri (fig. 5.1. și 5.2.) sau după alți autori patru, dacă ținem cont de distribuția algelor la nivelul substratului (fig. 5.3.):

- supralitoralul: este suprafața de țărm acoperită de apă numai la cele mai înalte marea (în timpul echinocțiilor de primăvara și toamnă), deci reprezintă suprafața tampon imersată (zone umede influențate de marea);
- mediolitoralul: reprezintă suprafața situată la contactul uscatului cu apa, afectată zilnic de marea, cu o perioadă imersată la flux și alta lipsită de apă la reflux sau la nivelul normal al apei;
- infralitoralul: este porțiunea inferioară a zonei litorale, permanent acoperită cu apă (chiar și la reflux), întinzându-se până la maxim 50 - 80 m în adâncime, la nivelul platformei continentale, bine luminată, unde se dezvoltă algele bentonice fotofile;
- circalitoralul: se întinde de la limita unde se dezvoltă algele fotofile până la adâncimi unde există lumină difuză, care determină dezvoltarea algelor sciafile.

Figura 5.3. prezintă cele patru subdiviziuni ale zonei litorale și distribuția pe verticală a algelor marine în zona litorală.

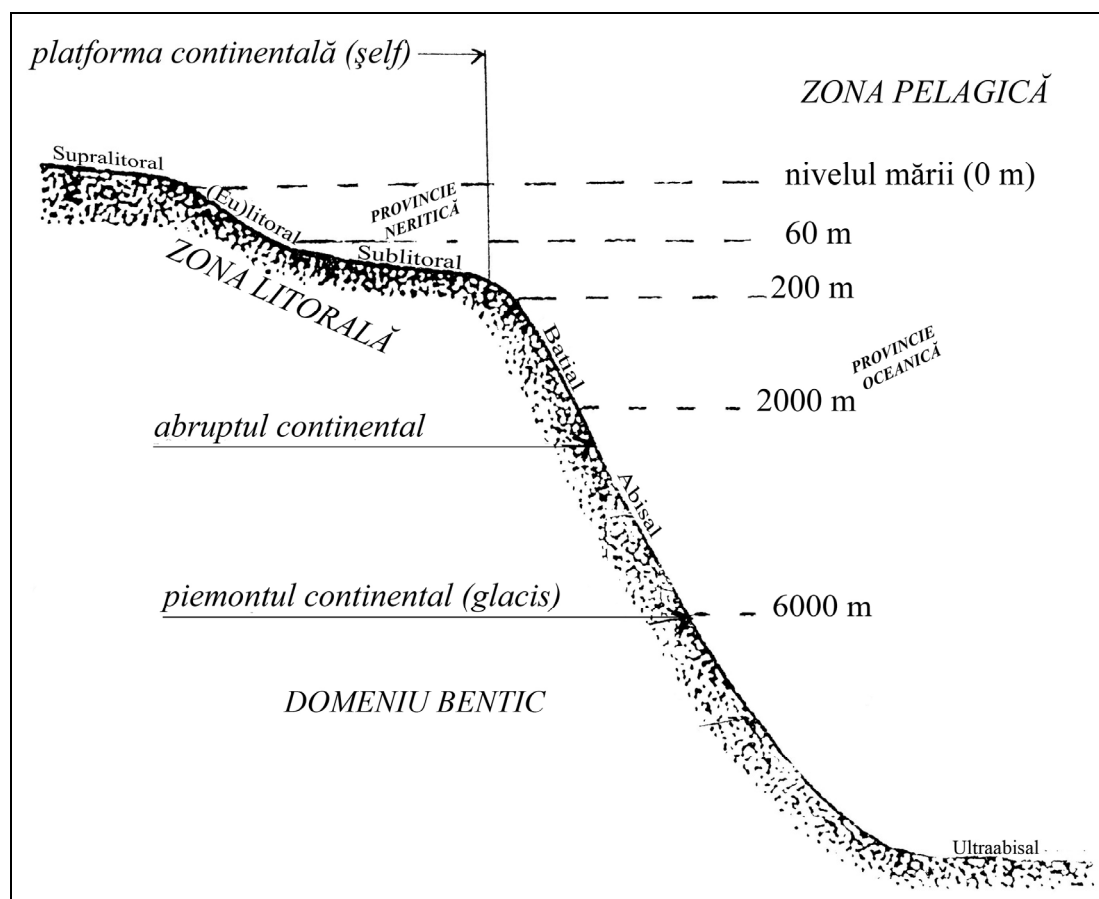


Fig. 5.1. Structura pe orizontală și pe verticală a mărilor și oceanelor cu subunitățile aferente (modificat după Pora și Oros, 1974)

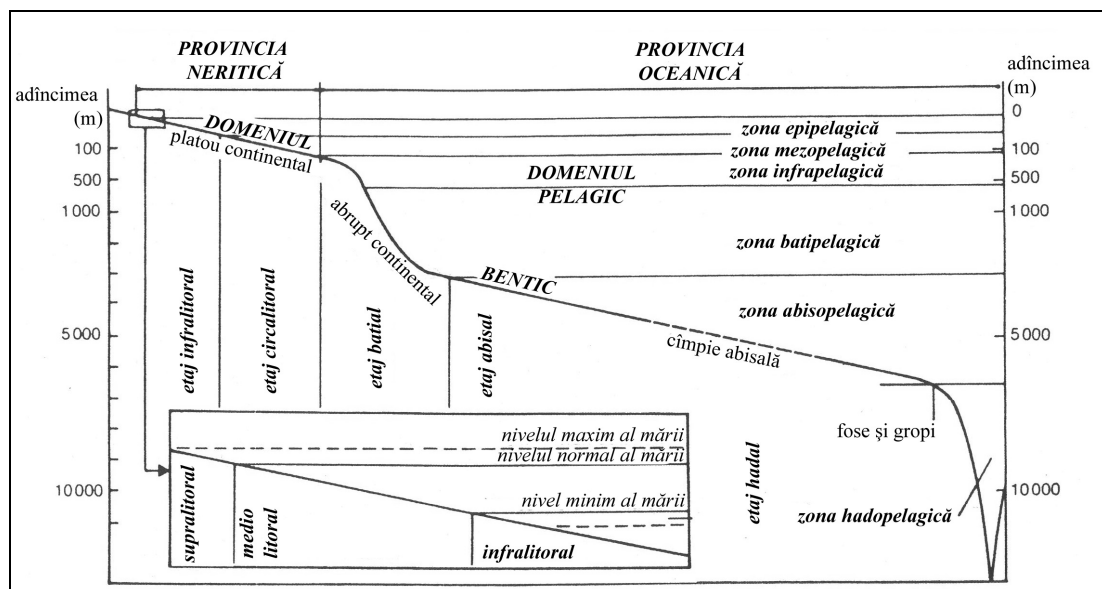


Fig. 5.2. Zonarea verticală și orizontală a oceanului, incluzînd provincia neritică și oceanică, cu mediul pelagic și mediul bentic, fiecare cu etajele aferente (modificat din Ramade, 1994)

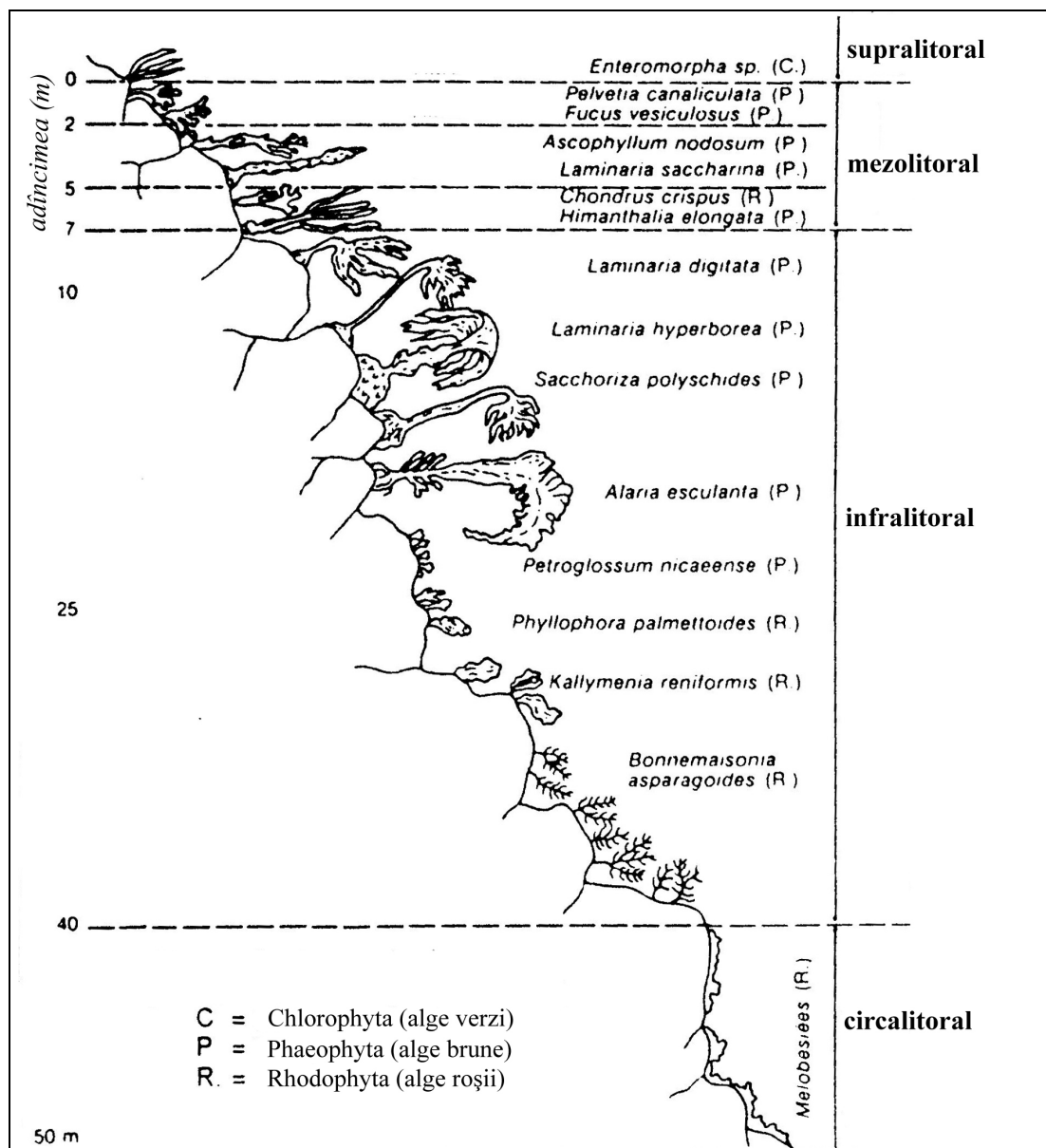


Fig. 5.3. Distribuția diferitelor grupe de alge pe etajele litoralului (după Ramade, 2002)

Abruptul sau taluzul continental delimitează zona sau etajul batial (fig. 5.1. și 5.2.), pînă la aproximativ 2.500 - 3.000 m, la nivelul piemontului sau glacisului (fig. 5.1. și 5.2.), unde se atinge și izoterma de 4°C.

Etajul sau zona abisală (profundală) se întinde la adîncimi mai mari de 3.000 m (fig. 5.1. și 5.2.) cuprinzînd două subdiviziuni:

- etajul abisal, între 3.000 și 6.000 m, caracterizat prin speciile stenobate pentru presiuni hidrostatice foarte mari (300 - 600 atmosfere) și stenoterme pentru ape reci (fig. 5.1. și 5.2.);
- ultrabisalul sau hadalul este domeniul sau etajul adîncimilor mai mari de 6.000 m, cu valori foarte mari ale presiunii hidrostatice (600 - 10.000 atmosfere) cu biocenoze foarte sărace în specii, dominante de bacterii barofile.

Abisalul sau zona de mare adîncime de pe fundul oceanelor are un relief caracteristic, cu munți, cîmpii, depresiuni și podișuri (fig. 5.4.), lanțurile muntoase sau dorsalele medio- oceanice putînd atinge înălțimi de peste 3.000 m și întinzîndu-se pe distanțe de 65.000 km. Acești munți cuprind între ei depresiuni profunde sau rifturi cu lățimi de 10 - 20 km. Dorsalele medio-oceanice, sub aspect morfologic sunt:

- de tip atlantic – Dorsala Medio-Atlantică, care străbate zona mediană a Oceanului Atlantic cu lățimi de pînă la 1.000 km și înălțimi de pînă la 2.000 m față de cîmpia abisală;
- de tip pacific – Dorsala Est Pacifică, cu lungimea de 6.000 km.

Dorsalele sau munții submarini s-au format în urma erupțiilor vulcanice, sunt de natură bazaltică, rezultînd în urma consolidării magmei vulcanice. Erupțiile vulcanice submarine dau naștere unor insule cu munți care se ridică la suprafața apei, cu înălțimi de peste 4.000 m (Hawaii).

Fosele sau jgheburile adînci se formează la marginile plăcilor convergente care în mișcarea lor dinspre rifturi spre fose se încălesc, rezultînd atît aceste gropi foarte adînci cît și lanțuri sau grupuri de insule. Aceste fose pot avea lungimi de 1.000 km, 100 km lățime și adîncimi de peste 11.000 m (Groapa Marianelor).

Cîmpiile abisale (fig. 5.4.) încep de la locul unde se termină marginile continentale (piemontul oceanic sau glacisul) și ocupă suprafețe întinse pe fundul oceanelor la adîncimi cuprinse între 4.000 și 6.000 m. Sunt zonele cele mai netede, complet lipsite de lumină, cu temperaturi foarte scăzute (2°C), dar cu comunități de organisme foarte diversificate: viermi, creveți, castarveți de mare, unele specii de pești.

Formațiuni specifice zonei abisale a fundului oceanelor sunt așa numitele venturi marine sau fisuri hidrotermale care se formează pe dorsalele medio-oceanice sau lîngă ele la adîncimi medii de 2.100 m. Acestea sunt izvoare termale sulfuroase care evacuează continuu cantități mari de apă de mare bogată în minerale și cu temperaturi de pînă la 400°C. Uneori se formează hornuri înalte prin precipitarea mineralelor dizolvate prin contact cu apa rece din adînc. Prezența substanțelor minerale determină apariția bacteriilor chemosintetizante și prin urmare apariția unor biocenoze diversificate avînd ca bază materia organică rezultată din chemosinteză.

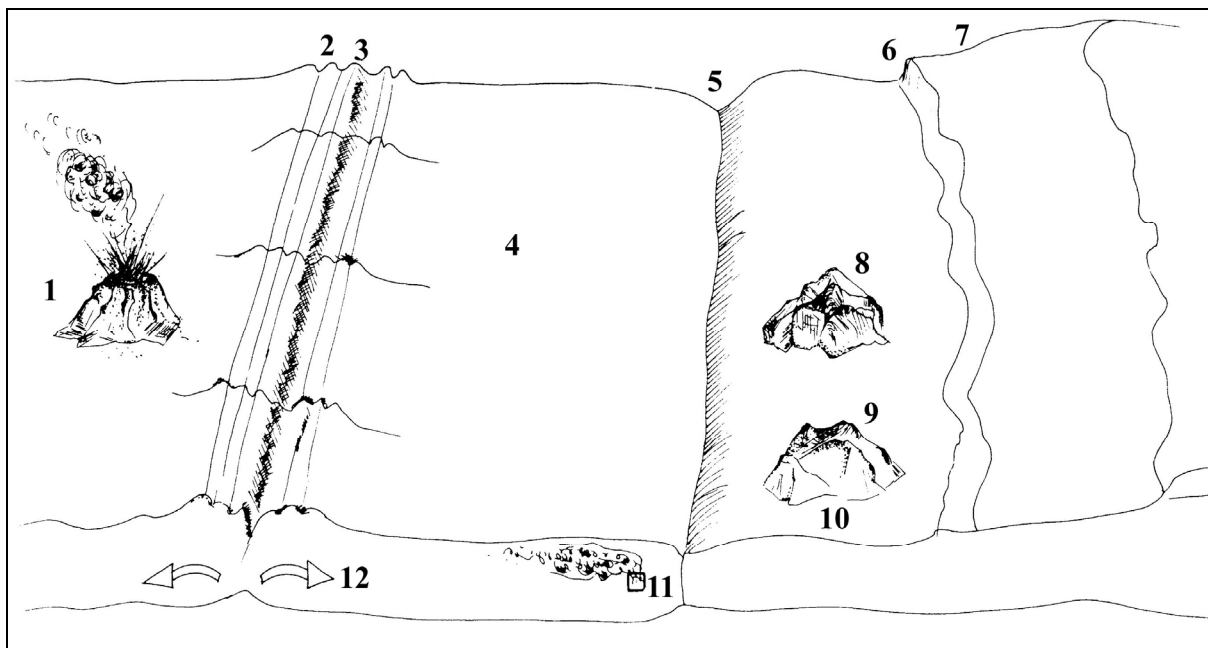


Fig. 5.4. Structura bentalului marin (1 – vulcani submarini; 2 – marginea văii de rift; 3 – vale de rift; 4 – câmpie submarină; 5 – zonă de depresiune; 6 – marginea platformei continentale; 7 – platforma continentală; 8, 9 – munți submarini; 10 – placă continentală; 11 – izvoare sulfuroase; 12 – sensul mișcării plăcilor)

Zona sau provincia oceanică are o structură pe verticală determinată de interacțiunea factorilor abiotici și biotici (fig. 5.2.). Se diferențiază astfel:

- zona epipelagică superficială (pînă la aproximativ 50 m adîncime), cu o dinamică accentuată a factorilor de mediu, bine luminată, dominată de procesele de fotosinteză, bogată în  $O_2$ ;
- zona pelagică (între 50 și 150 m) ce are un caracter intermediar, de trecere;
- zona mezopelagică (între 150 și 600 m) caracterizată printr-o relativă stabilitate, lipsită de producători primari, cu cantități scăzute de  $O_2$ , mari de  $CO_2$ ;
- zona batipelagică (fig. 5.2.) analogă ca și adîncime zonei batiale a bentalului (600 - 2.500 m), ce face trecerea spre sistemul de mare adîncime a masei de apă din ocean;
- zona abisopelagică (3.000 - 6.000 m) situată deasupra câmpiei abisale;
- zona hadopelagică la adîncimi mai mari (fig. 5.2.), caracterizată prin presiuni hidrostatice cu valori foarte mari, temperaturi scăzute ale apei și biodiversitate foarte scăzută.

Numărul de organisme acvatice se reduce drastic începînd cu zona batipelagică spre cea hadopelagică. Subliniem lipsa totală a producătorilor primari, cu excepția celor din izvoarele termale, unde se dezvoltă bacteriile chemosintetizatoare și prin urmare și biocenoze diversificate.

Zona pelagică are o structură în plan vertical determinată de temperatură (variații sezoniere), de modificarea densității apei datorită temperaturii și salinității, dar și de alți factori cum sunt: aportul de apă dulce de pe uscat, topirea ghețarilor sau variațiile presiunii atmosferice. Termoclina se situează la adîncimi variabile în funcție de zona climatică și de modificările tipului de stratificare termică în funcție de succesiunea anotimpurilor (fig. 5.5.). Se poate observa modificarea sezonieră a adîncimii la care se află termoclina în funcție de sezon precum și adîncimea la care se stabilizează termoclina permanentă (fig. 5.5.).



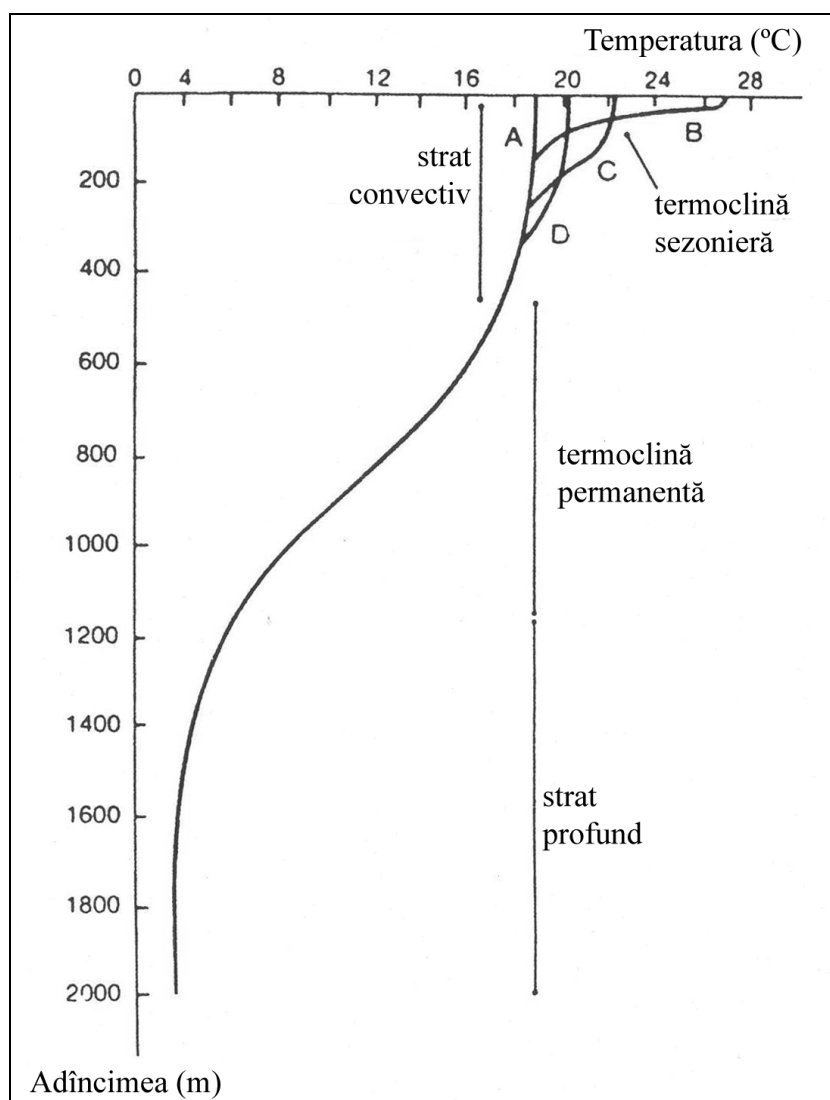


Fig. 5.5. Variația temperaturii în ocean în funcție de adâncimea (după Ramade, 1994)

Pe lângă temperatură, pătrunderea luminii în apa mărilor și oceanelor determină aceeași structură specifică pe verticală (fig. 5.6.), prezentată și pentru lacuri:

- zona eufotică (fotică), are limite cuprinse între 20 - 120 m (maxim 200 m), în funcție de unghiul de incidență al razelor luminoase determinat de poziția geografică și prin urmare de cantitatea de lumină care pătrunde în apă. Alți factori care influențează pătrunderea luminii în apă sunt transparența și culoarea apei; zona fotică este bine luminată, extinzându-se în lateral până la nivelul malurilor iar în adâncime până acolo unde cantitatea de lumină se reduce la 1% din lumina incidentă. Se caracterizează prin procese intense de fotosinteză (zona trofogenă);
- zona disfotică (mezofotică) este zona de trecere între zona fotică și afotică, caracterizată prin cantități reduse sau foarte reduse de lumină, fiind zona în care se află punctul de compensație al fotosintezei. Se pot dezvolta bacteriile fotosintetizante sau unele alge sciafile cum sunt coccolitoforidee (Lee, 2008) care au echipamentul pigmentar adaptat pentru a fi sensibil la cantități reduse de lumină. Adâncimea la care se află zona disfotică este variabilă, schimbându-se în același loc de la o zi la alta sau de la un moment al zilei, la altul, lunar sau sezonier în funcție de modificarea transparenței și culorii apei etc.;
- zona afotică este în general lipsită de producători primari din categoria fotoautotrofelor, datorită lipsei luminii; se întinde la adâncimi mai mari de 200 m, fiind dominată de procese de consum.

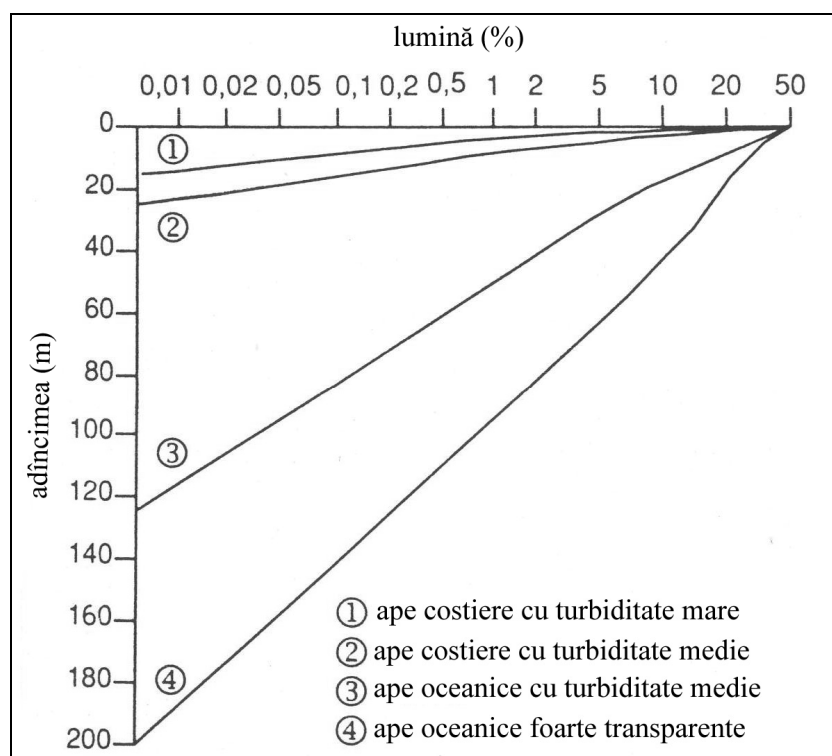


Fig. 5.6. Variația transmisiei luminii în ocean în funcție de adâncime și de transparența apelor (după Ramade, 1994)

### Parametrii fizico-chimici din mări și oceane - particularități

Factorii fizico-chimici ai apei mărilor și oceanelor prezintă o serie de particularități în funcție de așezarea geografică a zonei analizate. Raportându-ne la o anumită zonă, există modificări între bental și pelagial, respectiv între anumite porțiuni, elemente ale bentalului sau pelagialului. De exemplu în zona neritică a pelagialului variațiile factorilor fizico-chimici sunt mai evidente decât în provincia oceanică. În provincia oceanică zona epipelagică are o dinamică accentuată, în timp ce sistemul profundal are variații mici, exceptând presiunea hidrostatică care crește cu aproximativ 1 atmosferă la fiecare 10 m, ajungând la valori de peste 1.000 atmosfere în gropile ultraabisale ale oceanului planetar.

**Densitatea apei de mare** are valoarea maximă de 1,02812 g/L la temperatura de 3,52°C datorită valorii mari a salinității, 35‰, punctul de îngheț situându-se la -2°C.

Modificări ale **viscozității apei mărilor și oceanelor**, influențate de temperatură și salinitate, contribuie alături de alți factori și la mișcarea maselor de apă în plan orizontal și vertical, determinând apariția curenților turbionari. Cei ascendenți, acolo unde se formează, determină fenomenele de *up-welling* în ocean, favorizând existența zonelor cu productivitatea biologică maximă, datorită antrenării în masa apei a unor cantități imense de nutrienți și prin urmare determină dezvoltarea fitoplanctonului care susține comunități bogate de consumatori.

**Temperatura apei din mări și oceane** este diferită în funcție de așezarea geografică, intervalul de variație nedepășind 37°C. Cele mai scăzute temperaturi (-2°C) se înregistrează în mările și oceanele polare iar cele mai ridicate la ecuator. În unele mări tropicale temperaturile pot atinge 32°C (Gulful Mexic) sau chiar 37°C (Gulful Persic), datorită și unor condiții climatice locale. Temperatura medie anuală în zona tropicală/subtropicală variază între 23 și 25°C, termoclina (fig. 5.5.) situându-se la adâncimi cuprinse între 300 și 1.000 m, sub această adâncime scăzând treptat până la 2°C în zona abisală.

În general, mările și oceanele din emisfera sudică au o temperatură medie anuală mai mică decât cele din emisfera nordică, datorită deschiderii mai mari spre polul sud, spre calota glaciară

antarctică. În zona temperată, în funcție de anotimp, temperaturile medii anuale ale stratului superficial se situează între 8 și 15°C respectiv 15 și 23°C, termoclinele sezoniere (fig. 5.5.) aflându-se între 50 și 300 m, iar termoclina permanentă situându-se sub această adâncime. Temperatura scade apoi treptat pînă la valoarea de 2°C în zona abisală.

Rolul și semnificația biologică a temperaturii au fost menționate în capitolul 2. În sens foarte larg, în concordanță cu valorile temperaturii din oceanul planetar determinate de zona climatică, organismele pelagice formează comunități caracteristice fiecărei zone geografice:

- comunități de organisme care se dezvoltă în apele calde tropicale, stenoterme pentru ape calde, situate între paralele de 30° nord și sud față de ecuator, valorile medii anuale ale temperaturii fiind de 23 - 25°C dar se pot atinge și 32 sau 37°C; caracteristica principală a acestor comunități este marea bogăție în specii, dar care sunt reprezentate printr-un număr mic de indivizi;
- comunitățile de organisme acvatice din apele reci polare, stenoterme pentru ape reci, au o bogăție specifică mai mică, dar populațiile speciilor înregistrează valori mari sau foarte mari; caracteristic pentru aceste comunități sunt maximele de vară, foarte evidente pentru fitoplancton, care produce cantități uriașe de biomasă în timpul verii pe seama căreia se dezvoltă populații bogate de zooplancton, care la rîndu-i constituie o hrană bogată pentru comunitățile de ordin superior, inclusiv pentru cetacee (fig. 5.7.);
- comunitățile de organisme din apele temperate sunt dominate de forme cosmopolite, euribionte cu cicluri de dezvoltare sezonieră, cu maximum de dezvoltare în perioada optimului termic.

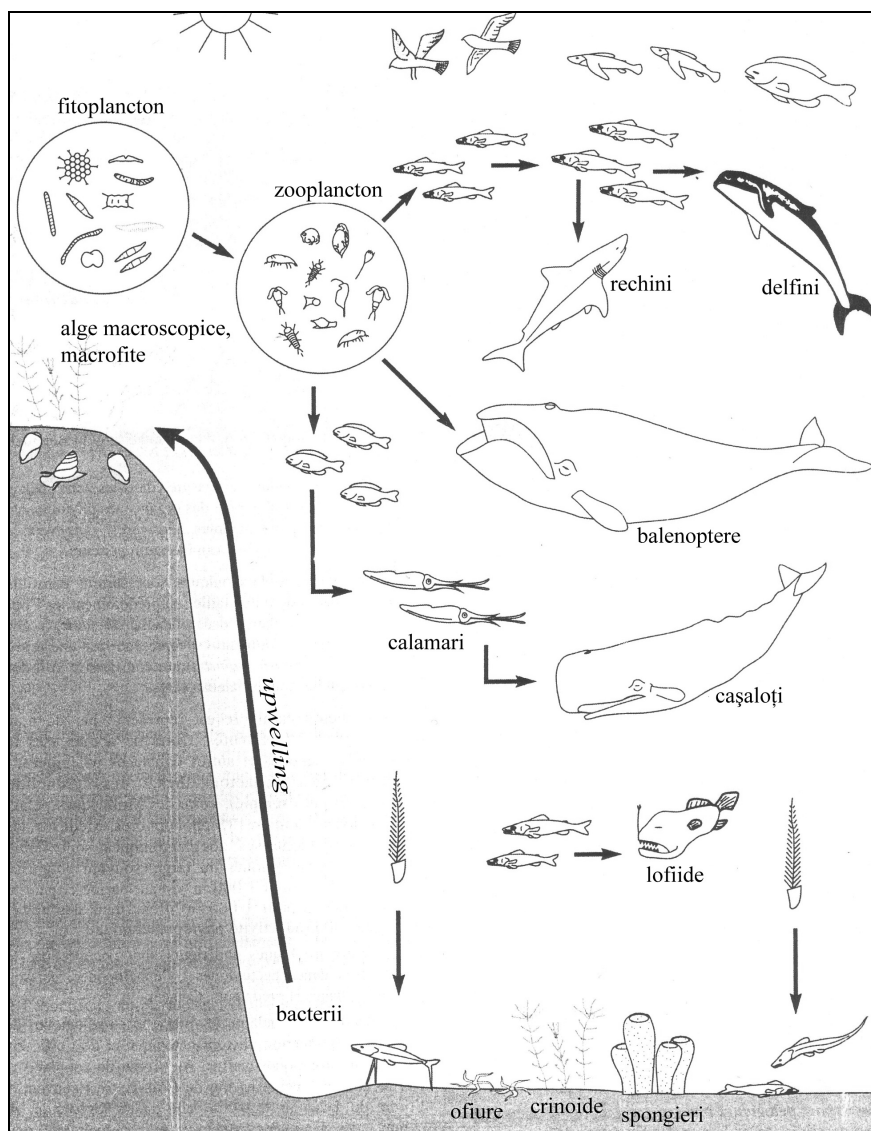


Fig. 5.7. Diverse tipuri de rețele trofice din oceanul mondial (din Ramade, 1994)

***Lumina care pătrunde în apă*** cu semnificația biologică multiplă menționată, este condiționată de legile fizicii dar și de transparența și culoarea apei. Pătrunderea luminii în apă determină structura în plan vertical prezentată anterior, care condiționează distribuția organismelor fotosintetizante în primul rând. La adâncimi mari este prezent fenomenul de bioluminescență, ce caracterizează multe specii planctonice, atât dintre alge (mai ales dinoficee din genurile *Peridinium*, *Ceratium*, *Noctiluca*) cât și dintre animalele planctonice (specii de ctenofore, viermi, crustacee) și nectonice (în special pești abisali).

***Transparența apelor din mări și oceane*** este determinată de cantitatea de substanțe chimice dizolvate, de particulele aflate în suspensie ca și de intensitatea luminii (unghiul de incidență în funcție de așezarea geografică). De regulă transparența apelor oceanice este mai mare decât a apelor continentale. Valori foarte mari s-au semnalat în Marea Saragaselor (66 m), în Marea Mediterană (60 m) sau în unele zone ale Oceanului Pacific cu valori ale transparenței mai mari de 50 m.

***Mișcările maselor de apă din mări și oceane*** sunt mult mai ample decât cele înregistrate în apele continentale. Față de cele menționate deja, prezentăm doar câteva aspecte particulare pentru mediul oceanic. În zonele cu activitate vulcanică de pe fundul mărilor și oceanelor se produc valuri uriașe cu înălțimi de zeci de metri (30 m), numite tsunami. Viteza de propagare a acestor valuri de 700 - 800 km/oră, determinând moartea unui mare număr de organisme acvatice, producând pagube uriașe în zonele de țărm unde ajung.

Curenții marini, în funcție de temperatură, pot fi curenți calzi, care se formează la ecuator și curenți reci, care se formează la cei doi poli. Cauzele care determină formarea acestor curenți sunt vânturile regulate (alizee) și cele periodice (musoni), combinate cu densitatea variabilă a apei oceanului planetar în diferite zone geografice. Densitatea apei mărilor și oceanelor din apropierea țărmurilor va fi întotdeauna mai mică datorită aportului de apă dulce de pe continent decât în zonele centrale, marcate de evapotranspirație intensă.

Cel mai cunoscut curent cald din Oceanul Atlantic este Curentul Golfului, care se formează pe coasta ecuatorială vestică a Africii, de unde ajunge în Golful Mexic și apoi se propagă în lungul coastei Americii de Nord, până la Insulele Spitsbergen și coastele nord-vestice ale Europei, influențând clima respectivelor zone de uscat, atât sub aspect termic (temperatura curentului este cu 10°C mai mare decât a apelor oceanice prin care trece) cât și al cantității de precipitații.

Dintre curenții reci, cel al Labradorului se formează pe coastele estice ale Canadei și SUA, străbate sudul Oceanului Arctic influențând țărmurile continentale nordice ale Europei și Asiei (Siberia) până în Japonia.

Deplasarea pe verticală a maselor de apă prin scufundarea apelor reci, sărate cu densitate mare (din regiunile polare și sub-polare) și ridicarea la suprafață a celor cu densități mai mici determină o circulație de profunzime a maselor de apă, numită circulație termo-halină. Viteza de deplasare a curenților de profunzime este foarte mică, de câțiva metri pe zi. Deplasarea foarte lentă a maselor de apă rece și sărată face ca revenirea lor la suprafață datorită modificării temperaturii și salinității, în alte zone ale oceanului planetar să fie de ordinul sutelor de ani.

În 1980 (Broeker, 1989) s-a descoperit un astfel de curent de profunzime, numit circulația globală termo-halină, datorită distanței foarte mari de propagare (fig. 5.8.). Acesta se formează în nordul Oceanului Atlantic prin scufundarea maselor reci de apă la mare adâncime. Apa rece se deplasează în lungul Oceanului Atlantic, trece la mare adâncime prin sudul Africii în Oceanul Indian și de aici în Oceanul Pacific, pe la sudul Australiei până în estul Asiei. Aici datorită modificării densității apei sub influența temperaturii dar și a reducerii cantității de săruri din apă, revine la suprafață sub formă de curent cald și se reîntoarce sub această formă în Oceanul Atlantic (fig. 5.8.).

Curenții marini influențează profund comunitățile de organisme acvatice, prin aport de nutrienți dinspre țărmuri spre zona oceanică și prin aport de oxigen din zonele superioare spre cele de profunzime. În același timp curenții și valurile asigură transportul organismelor acvatice pe distanțe foarte mari, asigurând distribuția geografică a acestora la nivelul oceanului planetar.

Efectele negative au fost punctate în cazul producerii valurilor *tsunami* sau la locurile de întâlnire a curenților calzi cu cei reci, unde organismele stenoterme nu pot supraviețui.

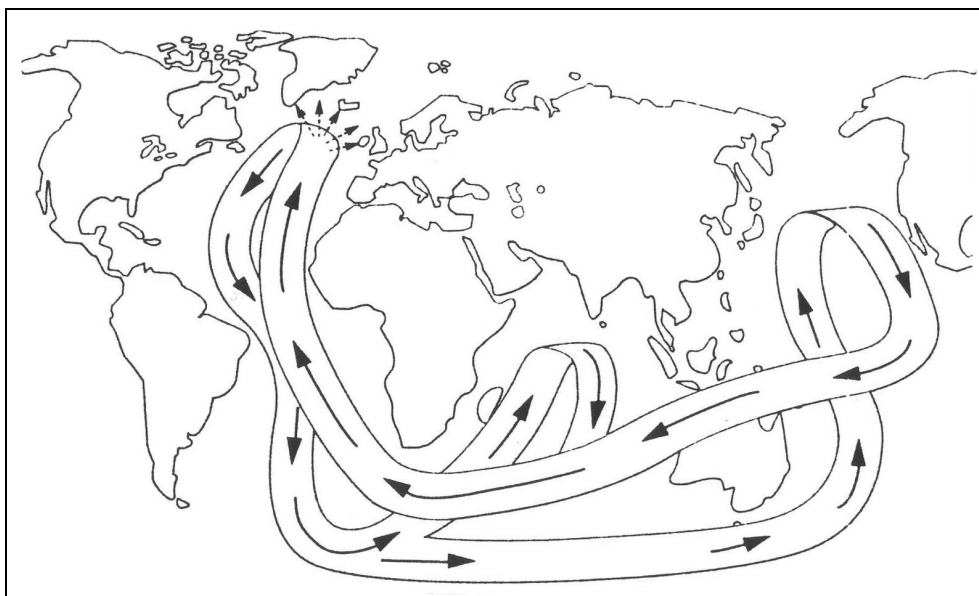


Fig. 5.8. Schema generală a curențului global al circulației termo-haline (din Ramade, 2002)

### **Particularități chimice**

Principalele diferențe între compoziția chimică (anioni și cationi) a apelor continentale și a celor din mări și oceane au fost prezentate în capitolul 2. Deși apele mărilor și oceanelor par mult mai omogene decât cele continentale, din punct de vedere chimic există o serie de diferențe care apar zonal datorită evapotranspirației foarte intense în zone cu climă caldă, cantităților mari de precipitații sau aportului de apă dulce de pe continent, ca și topirii ghețurilor în zonele limitrofe calotelor glaciare.

Valoarea medie a salinității în oceanul planetar este de 32‰, dar cu variații foarte mari de la o zonă la alta (de la 33 la 37‰). În cazul mărilor, variațiile salinității sunt și mai mari, valori maxime înregistrându-se în Marea Roșie unde salinitatea atinge 41‰. Cele mai mici valori ale salinității sunt atinse în Marea Baltică, între 5‰ și 29‰, în funcție de zonă, datorită aportului de apă dulce de pe uscat și topirii ghețurilor din zona arctică.

Gazele dizolvate în apa mărilor și oceanelor au aceeași sursă ca și pentru cele continentale, distribuția lor pe verticală este diferită datorită adâncimii foarte mari.

### **Comunitățile de organisme în mări și oceane**

Principalele biotopuri din mări și oceane au fost prezentate la structura pe orizontală și verticală a mărilor și oceanelor în bental și în pelagial.

Datorită suprafeței și adâncimii foarte mari a mărilor și oceanelor, comunitatea cea mai reprezentativă (fiind și cea mai cunoscută) rămâne **pelagosul**, cu principalele sale componente.

**Planctonul**, cu cele trei grupe funcționale cunoscute: fitoplanctonul, zooplanctonul și bacterioplanctonul are o largă răspândire în mări și oceane.

Principalele grupe de alge planctonice sau fitoplancton (termen consacrat, deși algele nu sunt plante, ci fac parte din alte regnuri) sunt reprezentate în cea mai mare parte de forme unicelulare microscopice: diatomee, dinoficee, cloroficee, silicoflagelate, coccolitoforidee, crizoficee, cianobacterii etc. Se dezvoltă în zona eufotică (fotică) a provinciei neritice sau oceanice a zonei pelagice, factorii limitativi ai dezvoltării fiind lumina, temperatura și substanțele chimice dizolvate. Prin urmare dezvoltarea algelor planctonice are variații în funcție de așezarea geografică pe latitudine, în funcție de zonele climatice. În zonele subecuatoriale și tropicale algele planctonice au o bogăție specifică redusă cu variații anuale reduse.

În zonele unde sunt prezente mai multe anotimpuri, există o dinamică sezonieră. Astfel, în mările polare se înregistrează un maxim de dezvoltare al algelor planctonice dominate de diatomee în sezonul de vară. În zonele subpolare întâlnim două maxime de dezvoltare, unul de primăvară și altul de toamnă, grupul dominant fiind tot cel al diatomeelor. În zona temperată, unde crește foarte mult bogăția în specii, apare și o succesiune a dezvoltării diverselor grupe de alge, cu maxime al unuia sau altuia din grupele de alge, în unul sau altul din anotimpuri din primăvară până în toamnă. Menționăm numărul mare de specii cosmopolite prezente în apele temperate. În timpul verii sunt prezente fenomenele de „înfloriri” ale apei, mai ales în mările litorale datorită excesului de nutrienți antrenți de pe uscat. Același fenomen se produce și în zonele de *upwelling* în oceanul planetar unde se mobilizează cantități mari de nutrienți din zonele profunde, pe seama cărora se dezvoltă masiv algele.

Dintre grupele de alge care produc frecvent „înfloriri” ale apei mărilor menționăm dinoficeele reprezentate de specii ale genurilor: *Gonyaulax*, *Glenodinium* sau *Peridinium*, care produc așa numita „maree roșie”, uneori însoțite de unele specii de cianobacterii (*Trichodesmium erythreum*). În alte zone, unele specii de crizoficee (genul *Chrysocromulina*) schimbă culoarea apei în galben-auriu; specii de cloroficee în nuanțe de verde sau cianoficee în verde-albăstrui.

Efectele „înfloririlor” provocate de alge sunt multiple, cele negative având consecințe asupra întregii comunități acvatice, cum ar fi: scăderea cantității de oxigen, creșterea cantității de CO<sub>2</sub> și în foarte multe cazuri prezența toxinelor produse de unele alge vara, ce pot afecta și formele terestre din rețeaua trofică. Algele planctonice din mări și oceane prezintă migrațiile pe verticală determinate, în primul rând de temperatură și intensitatea luminoasă.

Rolul algelor planctonice este acela de producători primari, același rol avându-l și unele grupe de bacterii fotosintetizante ca și cele chemosintetizante. Acest din urmă grup este cunoscut mai bine din cadrul comunităților bentonice, care se dezvoltă în jurul izvoarelor termale de pe fundul Oceanului Atlantic (până la peste 2.000 m).

Zooplanctonul marin din zona neritică și cea oceanică a pelagialului este reprezentat atât de holo- sau euplancton cât și de meroplancton. Principalele grupe de organisme care domină zooplanctonul mărilor și oceanelor din categoria formelor euplanctonice (holoplanctonice) sunt: radiolarii și foraminiferele din grupul protozoarelor, iar din cel al metazoarelor: sifonoforele, scifozoare, viermi, crustacee (cladocere și copepode în primul rând), moluște, echinoderme etc.

Prezența formelor meroplanctonice (stadii de ou și/sau larve ale speciilor nectonice și bentonice) cu răspândire mai ales în provincia neritică este condiționată de ciclurile de reproducere, deci apariția și dezvoltarea multora dintre acestea au un caracter sezonier. Frecvente sunt larvele de spongieri și celenterate, ouă de corali, ouă și larve ale speciilor nectonice de crustacee, larve de ascidii, alevinii diverselor specii de pești etc.

Sunt bine cunoscute migrațiile și repartiția pe verticală a speciilor de animale planctonice.

Pe lângă factorii fizico-chimici menționați, în cazul mărilor și a oceanelor rol hotărâtor îl are presiunea hidrostatică, care crește foarte mult cu adâncimea, alături de temperatură, care scade odată cu creșterea adâncimii.

Dezvoltarea masivă a algelor planctonice („înfloriri”) determină și „explozia” zooplanctonului, inițial a formelor fitofage apoi și a celor zoofage. Concentrări masive de populații zooplanctonice au loc și în zonele de *upwelling* unde se dezvoltă abundent speciile de alge.

Bacterioplanctonul este constituit în majoritate din bacterii, cu rol în mineralizarea materiei organice dar care constituie și baza trofică pentru unele organisme planctonice, cum sunt rizopodele sau unele specii de flagelate. Bacteriile heterotrofe planctonice au rol hotărâtor în circuitul carbonului, în primul rând contribuind la conversia materiei organice dizolvate în forme de materie de organică sub formă de particule necesară animalelor de la nivelurile trofice superioare.

Alături de bacterii, un rol mare în mineralizarea materiei organice cu chitină sau de natură vegetală (din zona neritică) cu lignină și celuloză, îl au unele specii de micromicete sau drojdii.

**Nectonul din mări și oceane** este reprezentat în primul rând de specii de pești, reptile, batracieni, mamifere, specii de talie mare capabile de mișcări active și deplasări pe distanțe mari chiar și în ape turbulente, dar și de moluște, cefalopode, viermi.

În concordanță cu structura pe verticală, se remarcă o distribuție a speciilor de animale nectonice, cele din zona epipelagică fiind foarte bune înotătoare, efectuând migrații pe verticală pentru hrănire pe distanțe foarte mari.

Pe măsură ce crește adâncimea, se schimbă structura pe specii a animalelor nectonice, astfel că în zona profundă și abisală morfologia acestora este foarte diferită (cu capul și gura foarte mari, cu unele organe de simț supradimensionate, altele reduse foarte mult).

Sub aspect biogeografic, compoziția specifică a comunității nectonice se diferențiază în funcție de latitudine. Astfel, în zonele tropicale se dezvoltă o serie de specii de pești precum rechini, scrumbiile albastre, tonul etc. În zona temperată, mai ales în provincia neritică, sunt prezente specii de hering, sardine, hamsii, somoni, stravrizi etc., foarte valoroase din punct de vedere economic. Mările polare au o ichtiofaună mai săracă în specii, reprezentative fiind speciile din familiile Zoarcidae, Agonidae și Liparidae.

Migrațiile pe orizontală a speciilor de animale nectonice (pești și mamifere) sunt bine cunoscute. Scopul poate fi cel de hrănire în cazul speciilor pelagice oceanice, precum și în cazul unor specii de sardele, scrumbii, heringi sau stravrizi, care se hrănesc în zona neritică. Migrațiile în scopul reproducerii pot fi atât active cât și pasive, cele mai cunoscute migrații fiind cele ale somonului de Atlantic sau Pacific pe râurile din Europa, America de Nord sau Asia, pe sute de kilometri, în scopul depunerii pontei. Puietul este antrenat de apele râurilor în aval, spre ocean, unde rămân 4 - 6 ani, până la maturitate sexuală și migrația se reia. Anghilele, care trăiesc în râurile și fluviile europene, migrează în oceanul Atlantic unde se înmulțesc la adâncimi de 700 - 1.000 m. În Marea Neagră se cunoaște migrația sturionilor pe marile râuri pentru reproducere. Pentru reproducere migrează din Marea Mediterană în Marea Neagră scrumbia albastră, tonul, peștele spadă sau căluțul de mare.

Lanțurile trofice în zona pelagică (fig. 5.9.) pot fi deosebit de complicate, rețele trofice sunt foarte complexe (fig. 5.10.).

**Comunitatea bentonică** este reprezentată de producătorii primari, consumatorii și descompunătorii, care se dezvoltă la nivelul bentalului, comunitate complex structurată a cărei existență este legată de substrat. Se diferențiază organisme care trăiesc la suprafața substratului, formând epibioza și cele din interiorul substratului sau endobioza, fiecare cu tipurile caracteristice de organisme cu diferențe între comunitatea bentonică neritică și cea profundă (fig. 5.7.).

Producătorii primari din bentosul neritic sunt reprezentați de specii de alge, licheni și unele fanerogame marine. Principalele grupe de alge reprezentate în bentosul zonei litorale (fig. 5.3.) aparțin algelor verzi, celor brune și roșii precum și unor specii de diatomee. Dintre fanerogame menționăm unele specii de monocotiledonate care se dezvoltă în zona platformei continentale. Animalele bentonice sau consumatorii din zona neritică sunt reprezentați de amfipode, izopode, polichete, moluște, spongieri, corali (*Madrepora*), briozoare etc., dar și unele specii de pești. Specific pentru mările tropicale sunt coralii formatori de recif. Descompunătorii sunt reprezentați de bacterii și specii de micromicete care asigură mineralizarea materiei organice.

În zona profundă a mărilor și oceanelor lipsesc producătorii primari, lanțul trofic cuprinzând consumatori și descompunători. Excepția de la această situație o constituie biocenozele complex structurate din jurul izvoarelor termale, venturi marine, aflate pe fundul oceanului până la adâncimi de aproximativ 2.000 m, producătorii primari fiind bacteriile chemosintetizante.

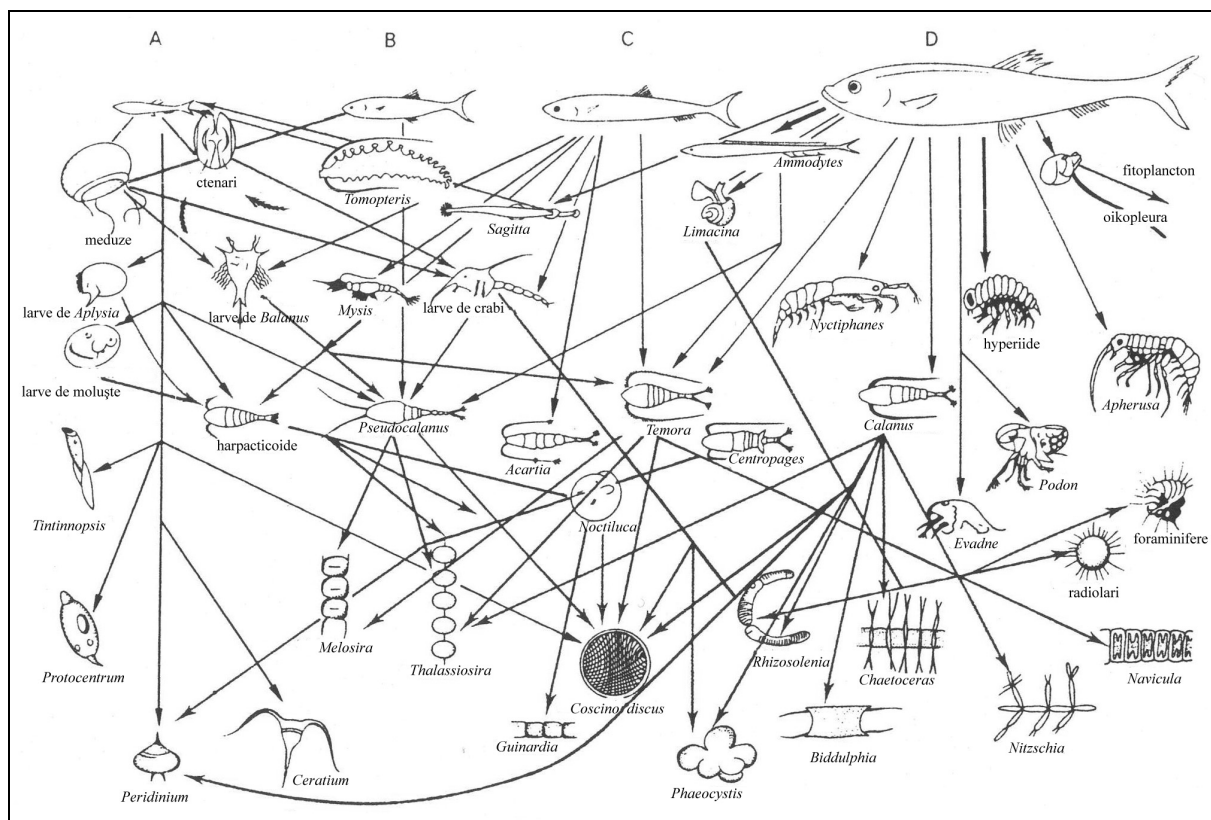


Fig. 5.9. Rețeaua trofică a heringului în Marea Nordului (A – indivizi de talie între 0,6 și 1,3 cm; B – indivizi între 1,3 și 5,5 cm; C – indivizi între 4 și 12,5 cm; D – indivizi mai mari de 12,5 cm) (din Ramade, 1994)

Principalele grupe de animale reprezentate în bentosul zonei profunde sunt spongierii, corali necoloniali, moluștele, echinodermele etc., forme euribate sau stenobate pentru valori mari de presiune hidrostatică și euriterme sau stenoterme de apă rece. Animalele din zona profundă au o serie de adaptări morfologice și fiziologice specifice. Între acestea menționăm: metabolismul foarte lent, ceea ce determină talia foarte mare a unor animale abisale, mineralizarea defectuoasă a oaselor datorită solubilizării carbonatului de calciu și calcifierii foarte lente la presiuni hidrostatice foarte mari. Menționăm fenomenul de bioluminescență la majoritatea grupelor de animale abisale, ca și viviparitatea prezentă la foarte multe din animalele bentonice din zona profundă și abisală.

Bacteriile asigură mineralizarea materiei organice, numărul cel mai mare fiind la interfața apă-sediment (substrat), cu dominarea celor anaerobe mai ales în cadrul comunității endobentice. Unele bacterii intervin în reacțiile de oxido-reducere din sedimente, fiind implicate în circuitul sulfului, azotului, fierului, manganului etc.

În mări și oceane structura lanțurilor trofice, a rețelelor trofice este complexă, deseori fiind implicate atât organisme din zona pelagică, cu toate compartimentele ei, ca și din cea bentonică (fig. 5.9.).



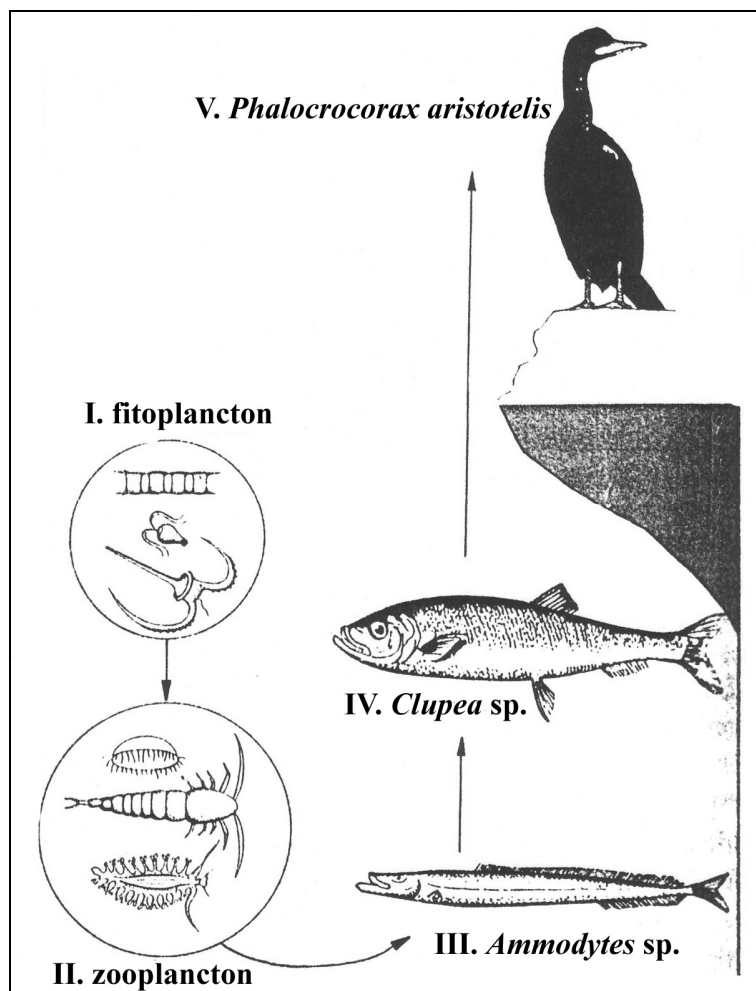


Fig. 5.10. Exemplu de lanț trofic în ecosisteme acvatice oceanice (cifrele romane reprezintă nivelul trofic al fiecărui organism) (din Ramade, 1993)

#### **Caracteristici ale mărilor și oceanelor (mediul marin):**

- dimensiuni foarte mari: suprafață, adâncime, volum;
- valori ridicate ale salinității, presiunii hidrostatice;
- mișcări ample ale maselor de apă determinate de valuri, curenți, marea sau erupții vulcanice;
- inerția termică accentuată care influențează clima zonelor terestre învecinate;
- comunități de organisme foarte diversificate atât în pelagos cât și în bentos.

## 6. Influența antropică asupra ecosistemelor acvatice

Dezvoltarea comunităților de plante și animale acvatice, structura și funcțiile ecosistemelor acvatice sunt determinate de factorii de mediu (abiotici și biotici). Modificarea acestor factori determină o serie de răspunsuri ale organismelor, diferite în funcție de natura acestor modificări, intensitatea și durata lor de acțiune.

Cauzele modificărilor factorilor de mediu pot fi naturale sau antropice. Acestea din urmă au creat mari probleme mediului în general, celui acvatic, la care ne referim în special. Cauza deteriorării ecosistemelor acvatice a fost și continuă să fie dezvoltarea tehnologică, creșterea populației umane (care în 2011 a ajuns la 7 miliarde). Presiunea antropică asupra apei ca suport al vieții se manifestă nu atât prin consum (fig. 6.1.), cât prin degradarea calității acesteia, degradare a apelor de suprafață și a celor subterane, astfel că se prefigurează accentuarea crizei de apă dulce pe Pământ, precum și modificări profunde în structura comunităților acvatice.

### **Efectele poluării apei**

Influența sau agresiunea antropică asupra ecosistemelor acvatice se manifestă atât asupra bazinului de drenaj cât și asupra apei ca suport a vieții din ecosistemele acvatice, respectiv asupra organismelor din aceste bazine.

Deteriorarea bazinului de drenaj include fenomene de eroziune, transport și sedimentare, ceea ce duce la colmatarea și eutrofizarea bazinelor acvatice prin construcția barajelor, lucrări de desecări, canalizări, defrișări, poluare de diverse feluri.

Influența antropică asupra apei ca mediu de viață, ca suport al vieții, se face în special prin ape uzate provenite din industrie, agricultură, ape menajere (fig. 6.2.) și/sau prin depozitarea deșeurilor provenite din aceste domenii pe malurile apelor sau în ape. Astfel, s-a ajuns la modificarea proprietăților fizice, chimice și bacteriologice ale apei, modificări care au poluat apa multor bazine acvatice, afectând nevoile curente ale omului sau utilizarea acesteia în industrie și agricultură. În astfel de situații sunt afectate direct comunitățile de plante și animale acvatice, modificările mergând de la dezvoltarea exuberantă a algelor („înfloriri” ale apei în cazul eutrofizării apei), până la degradarea totală a ecosistemelor acvatice. Astfel, s-a ajuns de exemplu ca în jurul anilor ‘70, în Suedia, din foarte multe lacuri să dispară complet peștii sau în foarte multe râuri oxigenul dizolvat să fie consumat exclusiv pentru descompunerea deșeurilor. În situația menționată s-au aflat și multe râuri din Europa de Vest, dar care au fost supuse unor ample procese de redresare ecologică pentru refacerea florei și faunei după sistarea poluării lor. Acest lucru a fost posibil datorită unor legi clare și amenzi prohibitive, precum și datorită unor programe de monitoring ecologic integrat.

În etapa actuală de dezvoltare, pericolul cel mare care amenință existența vieții din ecosistemele terestre este poluarea pânzei de apă freatică, datorită ratei de înlocuire a acesteia, deosebit de lungă. În mediul marin, pericolul cel mai mare este poluarea cu produse petroliere și cu deșeuri radioactive.

Măsurile cele mai eficiente pentru prevenirea unor astfel de fenomene sunt cele profilactice, de prevenire, urmate de cele reparatorii, curative de reconstrucție ecologică, acestea din urmă, chiar dacă dau rezultate, sunt mult mai costisitoare decât primele și deci mult mai greu de realizat.

**Acțiunea poluanților** sau a altor factori antropici perturbatori este diferită în funcție de tipul de poluant sau acțiune antropică, de intensitatea acestuia și durata de acțiune. În ceea ce privește răspunsul ecosistemelor acvatice, acesta este diferit în funcție de tipul de ecosistem acvatic, de tipul și durata de acțiune a impactului, de stadiul de dezvoltare al organismelor (stadiile tinere sunt mult mai sensibile), de fenomene de sinergism sau antagonism.

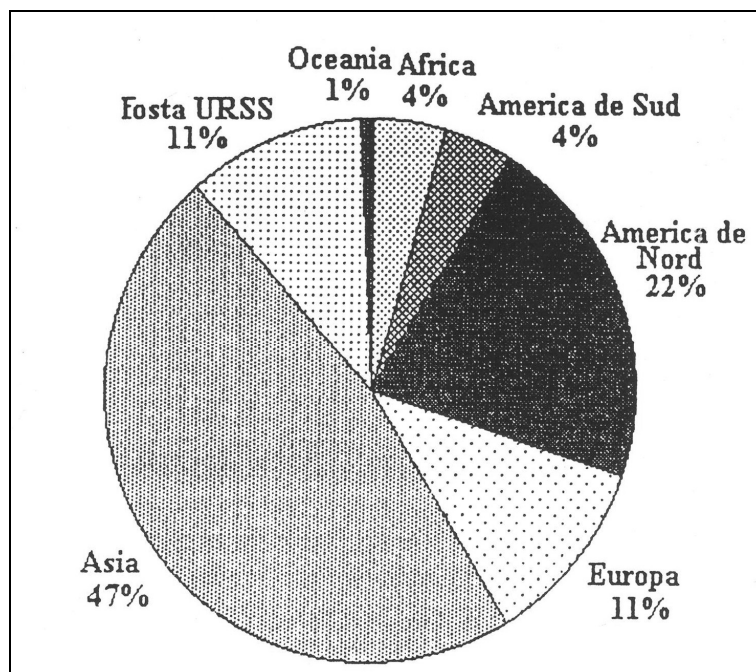


Fig. 6.1. Repartizarea pe zone geografice a consumului mondial de apă (din Cogălniceanu și Cogălniceanu, 1998)

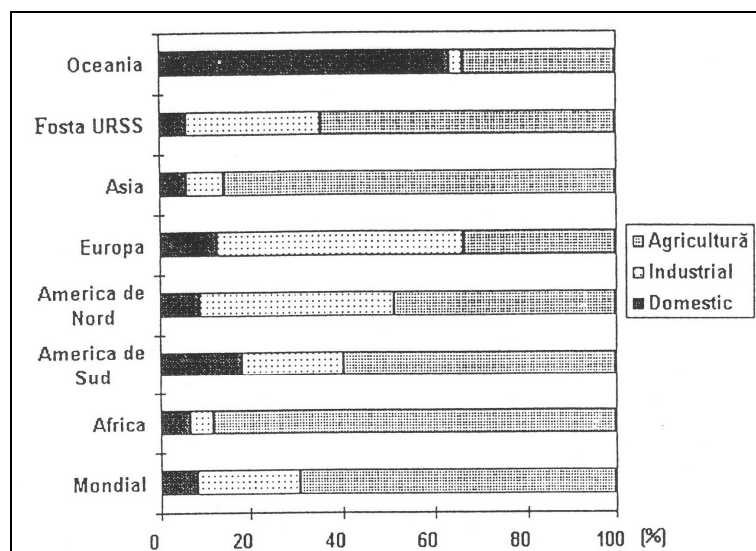


Fig. 6.2. Ponderea principalelor sectoare de consum ale apei, pe zone geografice (din Cogălniceanu și Cogălniceanu, 1998)

Ecosistemele acvatice, prin mecanismele lor interne de autoreglare reușesc, în funcție de tipul, intensitatea și durata de acțiune a factorilor externi perturbatori în cadrul unui proces de **autoepurare** să refacă pe cale naturală componentele afectate. În acest proces natural sunt implicate următoarele procese:

- **filtrarea** – prin sol, în cazul apelor subterane și pentru zonele umede, sau sedimentele de sub masa de apă, care acționează ca un filtru natural pentru o serie de particule fine (suspensii) vehiculate de apă, dar și pentru bacterii, viruși, ciuperci etc., care se absorb la suprafața particulelor constitutive ale acestora. Mai mult, substanțele antibiotice, bacteriostatice sau bactericide, produse de mucegaiuri, ajută la purificarea apelor care traversează solul. Apele subterane sunt în general ape pure, adecvate consumului, exceptând cazurile tot mai dese de poluare a acestora, cu nitriți, nitrați, produse petroliere etc.;

- sedimentarea – este cuplată cu filtrarea, suspensiile solide din apă adsorb la suprafața lor tot felul de particule, germeni care apoi se sedimentează la nivelul substratului, existând posibilitatea neutralizării unora dintre acestea;
- dizolvarea și diluarea – pe parcursul primirii a noi cantități de apă din bazinul de drenaj, din precipitații, din pînza de apă freatică, are loc o diluare, făcînd ca acțiunea noxelor să scadă;
- oxigenarea – cu cît apa este mai oxigenată, cu atît favorizează dezvoltarea bacteriilor aerobe în detrimentul celor anaerobe, determinînd mineralizarea materiei organice, deci buna desfășurare a circuitului bio-geo-chimic.

### Tipuri de poluare

Există mai multe criterii de a clasifica poluarea, după cum urmează:

1. deși fenomenele de poluare sunt asociate cu activitatea antropică, literatura de specialitate (Nicoară și Ureche, 2008) împarte **poluarea, în funcție de cauzele ce o produc, în:**

**1.1. poluare naturală** – care are drept cauză acțiunea unor factori naturali, care periodic, ciclic sau întîmplător pot determina degradarea calității factorilor de mediu și deci modificarea comunităților de plante și animale. De exemplu, poluare naturală este considerată degradarea calității unor râuri din zonele de munte, împădurite, prin depunerea unor cantități mari de frunze, ramuri, fructe în albie; sau în regiunile de tundră și taiga, prin aport de substanțe humice. Acest lucru determină, mai ales în anotimpul cald, consum mare de oxigen pentru descompunerea materiei organice în detrimentul organismelor acvatice. Un alt exemplu este impurificarea și deteriorarea apelor cu noroi, sedimente, resturi vegetale în timpul marilor furtuni, uragane sau erupții vulcanice.

**1.2. poluare artificială (antropică)** – cauzată de activitatea antropică; este de mai multe feluri, după natura agenților care o produc: fizică, chimică, biologică și/sau organică:

#### **1.2.1. poluarea fizică – cauzată de factorii fizici, poate fi la rîndul ei:**

- mecanică – determinată de dislocarea, transportul și sedimentarea unor pietrișuri, nisipuri, mîluri, argile etc. provenind de la lucrări de extracție și prelucrare a materialelor de construcție, amenajării, dragării ecosistemelor acvatice, construcției de baraje, minerit etc. Pe lîngă modificarea transparenței apei prin creșterea turbidității, cu efecte imediate asupra producătorilor primari, au și o acțiune devastatoare asupra florei și faunei bentonice, datorită depunerii sedimentelor, respectiv prin colmatarea aparatelor filtratoare specifice unor animale (filtratori) și a branhiilor la pești.
- termică – determinată de evacuarea apelor de răcire de la diverse instalații industriale (centrale termice, nucleare, fabrici, uzine etc.). Poluarea termică este foarte periculoasă pentru animalele stenoterme (care își desfășoară activitatea între limite înguste de temperatură, spre deosebire de cele euriterme, cu limite largi). Puternic afectate de poluarea termică sunt și animalele poichiloterme. Uneori efectul temperaturii este cumulat cu efectul poluării radioactive sau chimice, avînd loc fenomene de synergism și potențializare, adică de întărire a efectelor produse de mai mulți agenți poluanți care acționează simultan.
- radioactivă – datorită nucleelor radioactive care ajung în apă de la centralele atomoelectrice, spitale, instituții de cercetare, din depozitarea deșeurilor radioactive, accidente nucleare, poate avea efecte dintre cele mai devastatoare, producînd mutații sau moartea organismelor. Radioactivitatea poate să aibă de asemenea efecte stimulative, inhibitoare sau letale în funcție de stadiul de dezvoltare al organismelor.
- fonică – are efecte negative în ecosistemele acvatice, mai ales prin dereglarea sistemelor de comunicație între animale acvatice.

### **1.2.2. poluarea chimică – cauzată de substanțe minerale, organice sau organo-minerale:**

Acțiunea lor asupra organismelor acvatice este foarte diferită. Foarte periculoase sunt cele toxice, de exemplu metalele grele, sau unele baze sau acizi minerali, mai ales în caz de poluări acute, dar nu numai. Deosebit de toxici sunt: fenolii, cianurile, crezoli, compuși naftenici sau hidrocarburile și derivații lor, sau pesticidele, erbicidele și îngrășămintele minerale. În China, de exemplu, se vorbește de o poluare chimică extrem de puternică a ecosistemelor acvatice: 70% din râuri și 90% din apa potabilă fiind poluate (Wacker și Kaiser, 2007). Creșterea cantității unor substanțe chimice în apă, cum sunt azotații și fosfații, determină apariția fenomenelor de „înflorire” atât în ape stătătoare (Momeu și colab., 2006) cât și în cele curgătoare (Momeu, 2009).

### **1.2.3. poluarea biologică și/sau organică – are loc prin deversarea apelor uzate provenite din industria alimentară, textilă, celulozică, tăbăcărie, ape fecaloid-menajere sau de la crescătoriile de animale în bazinele acvatice. Aceste ape conțin, pe lângă o cantitate mare de materie organică, care în procesul de descompunere, de mineralizare va fi un mare consumator de oxigen, și o poluare biologică, cu germeni: bacterii, viruși, alți patogeni (viermi, protozoare). Aceștia din urmă afectează atât comunitățile de plante și animale acvatice cât și viața oamenilor. În general, acest tip de poluare este asociată cu cea chimică datorită detergentilor, astfel rezultând un proces de potențializare și sinergism.**

## **2. după modul de manifestare, se disting două tipuri de poluare:**

- poluare acută – o perturbare de moment cauzată din accident, ceva ce contravine funcționării normale, cu efecte periculoase asupra ecosistemelor acvatice;
- poluare cronică – acțiuni externe, cu efect cumulativ în timp, ce afectează treptat proprietățile fizice și chimice ale apei și deci organismele acvatice, ducând după o acțiune îndelungată la distrugerea progresivă, lentă a ecosistemelor acvatice.

Gradul de sensibilitate al organismelor acvatice, față de diverși poluanți și noxe este foarte diferit, cele mai sensibile dispar rapid, altele, mai ales cele inferioare, se pot adapta între anumite limite, altele pot acumula cantități diferite de poluanți, efectele manifestându-se asupra generațiilor următoare. Cunoașterea și explicarea acțiunii nocive a unor poluanți asupra organismelor acvatice face obiectul de studiu și cercetare a unei discipline separate, numite ecotoxicologie.

Organismele acvatice cele mai sensibile (stenotopele) sunt valoroase specii indicatoare, utilizate astăzi în multe țări pentru evaluarea calității apei. Astfel, cel mai vechi sistem de apreciere a calității apei din punct de vedere al cantității de materie organică biodegradabilă (nivel de saprobitate, *sapros* gr. = putred) a fost abordat de Kolkwitz și Marson (1908; 1909) și s-a numit „sistemul saprobiilor”, adică sistemul saprobic de apreciere a calității apei. În timp, acest sistem a fost îmbunătățit de Zelinka și Marvan (1961), Liebmann (1962), Sládeček (1973) etc. Acest sistem are la bază organisme acvatice – plante și animale, în general inferioare, sensibile la anumite cantități de materie organică biodegradabilă existentă în apă. Kolkwitz și Marson împart apele continentale (limnosaprobe) impurificate, cu materie organică biodegradabilă în trei grupe mari (vezi și Mălăcea, 1969) (ulterior, alți autori introduc o serie de grupe noi sau subdiviziuni ale celor existente, Rott (coord.), 1997):

- ape oligosaprobe – cu conținut foarte mic de materie organică biodegradabilă, deci cu conținut mare în oxigen sau ape saturate, sărace în CO<sub>2</sub>, fără H<sub>2</sub>S – aflate în echilibru natural (fără intervenția unei poluări). Specii indicatoare: alge: *Meridion circulare*, *Diatoma hiemale*, animale: larve de efemeroptere, plecoptere, pești – salmonide.
- ape mezosaprobe – unele bune calitativ sau slab poluate cu materie organică biodegradabilă. Se subîmpart în β-mezosaprobe, mai apropiate de oligosaprobe, și α-mezosaprobe, cu conținut

mic de oxigen, datorită consumului pentru mineralizare a excesului de materie organică, cu exces de CO<sub>2</sub> și cu cantități mari de H<sub>2</sub>S; predomină procesele anaerobe. Speciile indicatoare pentru ape β-mezosaprobe - alga *Asterionella formosa*, *Gomphonema minutum* iar pentru α-mezosaprobe algele *Oscillatoria formosa*, specii de *Euglena*, alături de diverse protozoare, rotifere, trichoptere, chironomide etc.

- ape polisaprobe – degradate datorită conținutului mare de materie organică nedescompusă, cu exces de CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S, lipsită de O<sub>2</sub>, cu caracter anaerob, reducător. Domină bacteriile: *Sphaerotilus natans*, *Zoogloea ramifera*, *Sarcina paludosa*; alge: *Oscillatoria chlorina*, *Navicula bacillum*, *Nitzschia capitellata*, flagelate mixotrofe: *Polytoma*, *Euglena*, ciliate: *Vorticella*, *Paramecium*, oligochete: *Tubifex*, unele specii de chironomide și alte larve de diptere.

Un alt aspect care trebuie menționat în legătură cu poluarea este că aceasta poate fi primară, asupra unui ecosistem acvatic, sau secundară, provenită dintr-un afluent din bazinul de drenaj sau din scurgeri alohtone din aceeași zonă.

### **Profilaxia poluării ecosistemelor acvatice**

Constituie ansamblul de metode pentru prevenirea degradării ecosistemelor acvatice. Acest lucru presupune existența unor legi clare asupra normelor de evacuare, a limitelor admise (minimale, maximale) pentru diverși poluanți, existența unor norme clare de aplicare a legilor, respectiv stabilirea unor măsuri restrictive (inclusiv amenzi prohibitive care să meargă pînă la închiderea unor fabrici și uzine). Se impune cu necesitate mai ales controlul respectării și aplicării măsurilor restrictive, dar și o monitorizare atentă a apelor de suprafață (Voicinco și Momeu, 2005; Momeu și Péterfi, 2007; Pricope și colab., 2007; Surugiu, 2008, Battes și Momeu, 2011, Cîmpean și colab., 2011).

Ecosistemele naturale pot contracara efectul impactului antropic între anumite limite, prin procese naturale de autoepurare. În situația în care se depășește capacitatea de suport și autoepurare se impun măsuri, procedee și metode de epurare a apelor uzate înainte de a fi deversate în mediul acvatic sau măsuri de tratare și purificare a apei potabile.

Principalele tipuri de instalații folosite pentru epurarea apelor reziduale (menajere, industriale, agricole etc.) sunt:

- filtrele biologice sau biofiltrele sunt alcătuite din cel puțin trei etaje active prin care este trecută apa și anume: decantor primar, secundar și terțiar, realizîndu-se o curățare a apei de către microorganismele prezente pe suprafața particulelor din care este alcătuit filtrul, care constă din materiale naturale: pietrișuri și nisipuri cu structură granulometrică din ce în ce mai fină. Principiul de bază utilizat este cel al decantării sedimentare cuplată cu cel al filtrării și combinat cu acțiunea bacteriilor aerobe.
- aerotancul, are la bază obținerea unui nămol activ prin suflarea unui curent de aer în tancurile pline cu apă uzată, astfel că se favorizează dezvoltarea bacteriilor, protozoarelor și algelor care vor contribui la epurarea apei. Intervenția omului trebuie să aibă în vedere și ajustarea altor factori precum pH-ul sau temperatura pentru a ajuta la desfășurarea cât mai rapidă a proceselor prezentate.
- iazurile și eleșteele – naturale sau artificiale, special create, cu suprafețe cât mai mari care să asigure în primul rînd o decantare și o filtrare a apelor uzate, iar prin plantele și animalele existente sau introduse să favorizeze epurarea apelor. De exemplu, în multe zone ale lumii se exploatează capacitatea unor plante, cum sunt *Pistia* sau *Eichornia* de a metaboliza cantități mari de fosfați (Van der Valk, 2006). Astfel, unele zone umede naturale sunt utilizate la epurarea apelor uzate provenite de la crescătoriile de animale sau se introduc aceste plante în iazuri artificiale special construite în acest scop.

Pentru tratarea și purificarea apei pentru a deveni potabilă, în special pentru apele provenite dintr-o sursă de suprafață, se utilizează diverse metode, procese tehnologice, ce presupun în genere 3 etape :

- decantarea și sedimentarea se realizează în lacuri speciale unde se amenajează un număr mare de pereți verticali care să împiedice formarea curenților verticali sau orizontali în vederea accelerării sedimentării. Se utilizează în același scop și substanțe coagulante cum este sulfatul de aluminiu, dacă acest lucru se impune în funcție de sursa de alimentare cu apă.
- filtrarea este etapa a doua în care intră apa elibetrată de suspensii solide. Această etapă se efectuează prin straturi de prundiș, nisip și pietriș care rețin pe suprafața particulelor componente cea mai mare parte a bacteriilor, ciupercilor și virusurilor prezente în apă. Pe lângă filtrele naturale menționate (prundiș, nisip, pietriș) se pot utiliza și filtre minerale special construite care au eficiență mai mare în timp scurt, dar se colmatează foarte repede.
- dezinfectarea, etapa a treia, se face cu ajutorul unor substanțe cum sunt: clorul lichid (clorinare), clorura de calciu sau se utilizează metode mai eficiente care nu afectează gustul apei cum ar fi oxigenarea, ionizarea sau tratarea cu raze UV, dar care sunt mai costisitoare.

O apă bună de băut (potabilă) trebuie să corespundă unor standarde de calitate prevăzute de lege, care includ următoarele calități:

- organoleptice: gust și miros;
- fizice: culoare, transparență, temperatură, radioactivitate ( $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\delta$ );
- chimice: pH, duritate, reziduu fix, cloruri, fosfați, nitrați, Ca, Mg, Fe, F, Pb, As, Cr, cianuri, fenoli etc.;
- bacteriologice (microbiologice): germeni coliformi, alți germeni;
- biologice: paraziți, organisme microscopice (protozoare) sau macroscopice.

### **Ecosisteme acvatice dirijate (artificiale)**

Reprezintă acele ecosisteme care s-au format în urma acțiunii directe, voite sau voluntare a omului (lacurile de baraj și acumulare, eleșteele și iazurile create în scopuri economice), respectiv prin acțiunea indirectă a omului (bazinele acvatice formate în cariere din care s-au exploatat materiale de construcții sau în mine părăsite).

Scopurile economico-sociale pentru care sunt create ecosistemele din prima categorie pot fi de interes: local, național sau internațional. Cele din a doua categorie pot fi utilizate uneori de către om (de exemplu cele formate în ocne părăsite sunt utilizate în scopuri terapeutice), dar importanța lor hidrobiologică este în general mai redusă.

Lacurile de acumulare și baraj, cât și iazurile și eleșteele, datorită scopurilor pentru care au fost construite, au o importanță hidrobiologică mică, de aceea se vor puncta doar câteva aspecte cu caracter general.

## **1. LACURILE DE ACUMULARE ȘI DE BARAJ**

### **Caracterizare și clasificare**

Lacurile de acumulare și baraj sunt create prin bararea cursului de apă al unui râu sau fluviu, în vederea asigurării unui debit constant în scopuri: hidroenergetice, sisteme de navigație, bazine de retenție a apei pentru irigații, piscicultură, apă potabilă sau agrement. Exemple de astfel de lacuri sunt numeroase: lacuri de acumulare hidroenergetice: Bicaz, Vidraru, Vidra pe Lotru, Porțile de Fier pe Dunăre, Colibița, Beliș-Fântânel; lacuri de acumulare pentru apă potabilă: Tarnița, Gilău, Dognecea, Oravița, Bălan, Poiana Uzului; lacuri de acumulare de agrement: cele din jurul Bucureștiului: Buftea, Mogoșoaia, Băneasa, Herăstrău, Floreasca, Cernica. Cel mai vechi lac de baraj din România este cel de la Scropoasa, pe Ialomița care alimenta hidrocentrala de la Dobrești, construită în anii '30.

Bentalul lacurilor de baraj este în general asimetric; adâncimile maxime corespund porțiunii de lângă baraj.

***I. după tipul ecosistemului natural pe care au fost create, suprafață și adâncime lacurile de baraj sau de acumulare se împart în 4 categorii:***

- fluviale de câmpie, cu o suprafață mare și o adâncime relativ mică;
- fluviale de munte, cu suprafață mică și adâncime mare;
- lacustre montane;
- lacustre de câmpie, formate prin bararea cursului râurilor în regiunile de câmpie.

***II. după formă, lacurile de baraj sau de acumulare pot fi:***

- fluviale sau depresionare, care se întind în lungul albiei râului, fluviului pe care s-au format;
- lobate, cu un contur rotunjit care depășește cu mult limitele albiei de origine.

**Factorii care condiționează viața în lacurile de baraj**

**1. Regimul hidrologic:** sursa de apă este râul sau fluviul pe care s-a construit sau afluenții acestuia din care se alimentează cu apă. Prin regimul hidrologic lacurile de baraj au caracter intermediar între cele stătătoare și curgătoare, cu o circulație mai mult sau mai puțin încetinită a apelor. Coeficientul de circulație al apelor este un parametru important al regimului hidrologic. Acest coeficient este dat de raportul dintre debitul lichid anual de scurgere și volumul de apă al lacului, deci valoarea lui depinde de acumularea apei, respectiv de consumul acesteia. Cu cât valoarea acestui coeficient este mai mare cu atât regimul hidrologic al ecosistemului respectiv se apropie mai mult de cel al râului de proveniență (cazul lacurilor montane, golite periodic). În lacurile de câmpie valoarea coeficientului este mai mică, regimul hidrologic apropiindu-se lacustru. Regimul hidrologic determină valoarea celorlalți factori abiotici: transparență, regimul termic, gazos, salin etc.

**2. Regimul termic:** diferă mult în funcție de construcția barajului cu scurgere de suprafață (cu variații în timp și spațiu) sau cu scurgere de adâncime. În cazul celor cu scurgere de suprafață, s-a constatat că temperatura apei în luna cea mai caldă poate fi cu 5° - 6°C mai scăzută decât în cazul celor cu evacuare profundă. Deci în cazul lacurilor construite în scopuri hidroenergetice cu scurgere de adâncime, se mențin ape mai calde la suprafață. În aval, râul va primi ape mai reci, mai bogate în nutrienți și mai sărace în O<sub>2</sub>. Sunt deci lacuri care acumulează căldură și cedează nutrienți, productivitatea lor este mică, favorizând în același timp fenomene de eutrofizare în aval prin aport de nutrienți. Cele cu scurgere de suprafață cedează apa caldă din straturile de suprafață deci exportă căldură și acumulează nutrienți, existând posibilitatea eutrofizării lor, în primul rând (Odum, 1971). În lacurile montane porțiunea superioară se caracterizează printr-o stare de homotermie (cu temperatură constant mai mică) și oxigenare mai accentuată datorate regimului hidrologic apropiat de al râului de origine. Pe măsură ce crește adâncimea spre baraj se comportă ca lacurile dimictice temperate sau monomictice în funcție de climat. Variațiile termice afectează aproape întreaga masă a apei, temperaturile extreme de suprafață fiind de 24°C vara, pod de gheață iarna la suprafață, cu 3° - 4°C în apele profunde.

**3. Transparența:** diferă de la un lac la altul, cu maxime de primăvară, în martie și minime în aprilie, odată cu topirea zăpezii, mai ales la baraj.

**4. Lumina:** care pătrunde în apă descrește ca intensitate și compoziție spectrală din aval spre porțiunea superioară (amonte), ca urmare a cantității mari de suspensii antrenate de râul de origine, respectiv din zona medială spre maluri. Zona trofolică, afotică diferă ca nivel de adâncime de la un lac la altul, în funcție de condițiile locale.

**5. Oxigenul solvit:** variază atât în spațiu cât și în timp în funcție de regimul termic și ceilalți factori biotici și abiotici. Este mai mare în lunile reci și scade în cele calde, respectiv scade dinspre



suprafață spre adâncime, cu o serie de particularități în funcție de zona climatică și modul de utilizare a apei.

**6. Substanțele organice solvite sau care dau gradul de oxidabilitate:** sunt în general reduse cantitativ în lacurile montane și mai ridicate în cele de câmpie. Cantități maxime de substanțe organice se înregistrează în anotimpul cald odată cu dezvoltarea comunităților de plante și animale.

**7. Reacția ionică:** pH-ul variază circadian și sezonier în același lac, respectiv spațial în funcție de factorii biotici și abiotici.

Toți factorii abiotici menționați suferă variații în timp și spațiu, respectiv în zona superioară față de cea medială și de baraj față de zona malurilor. Regimul termic este de exemplu în același moment diferit în zonele menționate și în strînsă legătură cu temperatura aerului, mai ales la suprafață.

### **Comunități de plante și animale din lacurile de baraj**

Din punct de vedere al structurii comunităților de plante și animale (cantitativ și calitativ), datorită circulației lente a apelor, se situează pe o poziție intermediară față de cea din râuri și lacuri.

Referitor la **producătorii primari**, trebuie menționat faptul că față de lacurile naturale, deseori atît fitoplanctonul, cît și bentosul, au o dezvoltare mai slabă. În bentos mai ales macrofitele au o reprezentare mai slabă datorită condițiilor mai puțin favorabile. Oscilațiile de nivel, soldate cu uscarea unei porțiuni mari în zona litorală, exclud instalarea macrofitelor și deci și a perifitonului. Turbiditatea ridicată este un impediment major în dezvoltarea microfitei planctonice. Rezultă deci că, fluxul energetic în lacurile de acumulare este în mare măsură dependent de aportul alohton de materie organică.

În porțiunea superioară a lacurilor de acumulare montane, condițiile de viață și structura biocenozelor sunt mai apropiate de cele ale râului de origine. În porțiunea inferioară a barajului se aseamănă cu cele din ecosistemele lacustre, iar în zona mijlocie au caracter intermediar. În lacurile de câmpie, de tip lobat, cu adâncime mică, condițiile de viață, structura calitativă și cantitativă a comunităților de plante și animale sunt foarte asemănătoare cu cele lacustre, deosebindu-se de cele ale râului de origine.

Se apreciază în general existența a **trei stadii în evoluția în timp** a lacurilor de acumulare (Miron și colab., 1983). În stadiile incipiente de existență, structura biocenozelor este relativ asemănătoare cu a râului pe care a fost creat. Treptat, cu trecerea timpului, dobîndește însă trăsături proprii. În **stadiul primar de acumulare a apei** dispar comunitățile litofile, reofile în lacurile montane sau cele psampfile și pelofile în lacurile de câmpie sau zona colinară. Astfel, în lacul Bicaz, în acest stadiu incipient doar 6% din biocenozele râului Bistrița s-au regăsit la circa 70 de zile după inundare. Se dezvoltă în schimb comunități de plante și animale mozaicate, foarte diversificate. **Stadiul al doilea** se caracterizează prin dezvoltarea unor comunități de plante și animale tranzitorii atît în pelagial cît și în bental. În substratul bentonic se dezvoltă mai ales chironomide, iar în plancton crustacee și rotifere planctonice, respectiv, diatomee dintre algele planctonice. **Stadiul al treilea** se desfășoară în anii 3 și 4 de la inundare. Are loc stabilizarea bentosului, instalarea unei faune bentonice specifice, fitoplanctonul este încă mozaicat datorită aportului alohton. În primii ani, fitoplanctonul are o dezvoltare deosebită, datorită „efectului de îngrășare” cu nutrienți din solurile limitrofe descoperite de vegetația lemnoasă. Efectul este evident mai ales la lacurile așezate în cascadă (Beliș-Fîntînele, Tarnița, Someșul Cald, Gilău din bazinul hidrografic al râului Someșul Mic) (Rasiga și colab., 1999).

Ca structură, **planctonul** are cele trei componente trofice (fito-, zoo- și bacterioplanctonul), dezvoltarea lor fiind condiționată de: turbiditatea apei; cantitatea și viteza de sedimentare a

suspensiilor; regimul termic și conținutul în nutrienți. Toate aceste condiții sunt dependente de: poziția geografică a lacului, regimul hidrologic și modul de scurgere (de suprafață sau de adâncime).

În zona temperat-boreală fitoplanctonul este reprezentat de diatomee (specii de *Asterionella*, *Fragilaria*, *Melosira*, *Cyclotella*), cloroficee (*Eudorina*, *Pediastrum*, *Scenedesmus*), cianobacterii (*Anabena*, *Oscillatoria* mai târziu în stadiul al treilea *Microcystis* și *Aphanizomenon*), dinoficee (*Ceratium*, *Peridinium*).

În general, în lacurile cu un coeficient mare de circulație a apei, diatomeele domină toată perioada de vegetație, iar în cele cu circulație lentă, în a doua jumătate a verii, mai ales în jumătatea lor inferioară, se dezvoltă cianoficeele care înlocuiesc diatomeele, provocând „înfloriri” ale apei. Maximul de dezvoltare este vara-toamna, iar minimul iarna, deci manifestă o dinamică sezonieră tipică. Această dinamică sezonieră poate fi perturbată de marile viituri de primăvară.

În general, în porțiunea superioară a lacurilor montane, fitoplanctonul este mai sărac atât cantitativ, cât și calitativ, datorită condițiilor abiotice apropiate de ale râului de origine. Diversitatea specifică, dar și cantitatea acestuia crește în zona mediană și de baraj (inferioară).

Din punct de vedere cantitativ, în fitoplanctonul lacului Bicăz, Căraș (1969; 1970) distinge: **1)** zona de afluență, în care predomină diatomeele reobionte, în cantități mari; **2)** zona lacustră propriu-zisă, din zona centrală, spre baraj; și **3)** zona intermediară, în porțiunea de întrepătrundere a primelor două.

Repartiția pe verticală a algelor planctonice este determinată de lumină, influențată la rândul ei de turbiditate, în general ridicată tot timpul anului. În lacul Bicăz, zona trofogenă, nu coboară mai jos de 10 - 15 m.

Factorii abiotici, în ansamblul lor, sunt influențați în primul rând de substratul bazinului de drenaj, care imprimă specificul fiecărui lac, dar și de poziția geografică și de condițiile climatice (Miron și colab., 1983).

Zooplanctonul este constituit, ca și cel al lacurilor și râurilor din: rotifere (*Keratella*, *Brachionus*, *Polyartha*), cladocere (*Daphnia*, *Ceriodaphnia*) și copepode (*Diaptomus*). În general, zooplanctonul lacurilor de acumulare din zona temperată se caracterizează prin diversitate specifică mică, efective numerice ridicate, mai ales rotifere care se dezvoltă tot anul mai ales în lacurile cu „înfloriri” de diatomee; cladocerele apar vara odată cu dezvoltarea cloroficeelor cu care se hrănesc; copepodele – toamna și iarna.

Distribuția spațială a zooplanctonului, pe orizontală și pe verticală este destul de neuniformă. Sunt mai numeroase, ca și algele cu care se hrănesc în zona de golfuri și afluență. Pe verticală, distribuția variază în timp și spațiu ca și în lacurile naturale, cu variații circadiene și sezoniere.

Bacterioplanctonul este în general mult mai bine dezvoltat decât în râurile de origine și mult mai abundent în lacurile de câmpie, decât în cele montane.

Efectivele maxime se înregistrează în orizonturile superficiale și respectiv în profundal, la nivelul sedimentelor, datorită regimului termic al apei și substanțelor organice dizolvate sau sub formă de particule.

Ritmul de reproducere este influențat de temperatură, fiind mult mai rapid la suprafața apei, unde are loc mineralizarea rapidă a materiei organice.

Nectonul reprezentat aproape exclusiv de pești, mai ales de forme sedentare. După bararea râului, în stadiul inițial, formele reofile se pot menține în porțiunea superioară a lacului, unde condițiile rămân mai apropiate de cele ale râului de origine.

Paralel sporesc efectivele peștilor mai limnofili, condițiile din lac priindu-le în mod deosebit, mai ales în lacurile de câmpie, unde se dezvoltă și vegetația macrofită, limitrofă, loc de depunere a pontei și de nutriție. Existența lor este legată de a vegetației macrofite limitrofe.

Pe lângă salmonide, în lacurile montane, se adaptează bine și anumite ciprinide: scobarul, cleanul, moioaga, respectiv oblețul și porcușorul din lunca inundabilă a râurilor.

În ceea ce privește bentosul, structura calitativă și cantitativă a acestuia depinde de: natura substratului din bazinul de drenaj; turbiditatea apei râului de origine (la turbiditate scăzută, bentosul este variat și bogat cantitativ); variațiile de nivel ale apei.

Bentalul constituit din sedimente mobile (nisipuri), în regiunea de câmpie limitează dezvoltarea comunităților de plante și animale. Vegetația macrofită, litorală este săracă sau lipsește în lacurile de munte, adânci, în condițiile unei oscilații mari a nivelului apei sau în condiții de turbiditate ridicată.

În lacurile de acumulare, mai puțin adânci, de câmpie și cu nivelul apei puțin variabil, respectiv cu un substrat bentonic mai stabil, macrofitele se pot dezvolta abundant. Acest lucru este întâlnit în lacurile dispuse în cascadă, respectiv în cele mai din aval. Pe cursul superior al râului, domină comunitățile algale, iar pe cele din aval, în cazul lacurilor dispuse în cascadă pot apare macrofite: *Polygonum*, *Potamogeton*, *Myriophyllum*, *Nymphaea*, *Nuphar*, *Scirpus*, *Carex*, *Typha*, *Phragmites* etc.

Caracteristica zoobentosului este prezența mare a larvelor de insecte (chironomide), dar și a speciilor detritofage și pelofage. În porțiunea de afluență pot fi prezente și elemente reofile: litoreofile pentru lacurile montane și psamo- sau pelofile în cele de câmpie și colinare. Din amonte spre aval se produce o reducere a diversității specifice a zoobentosului și o creștere a efectivelor numerice. Acest lucru depinde foarte mult de variațiile de nivel ale apei lacurilor și de ritmul în care se produc. În cazul celor lente, litoralul este bine populat, speciile vagile se pot retrage odată cu apa, cele sedentare se pot îngropa temporar în substrat.

În ordinea importanței lor, reprezentanții faunei bentonice pentru lacurile de acumulare din România, semnalăm: larvele de diptere, chironomide (*Chironomus*, *Cryptochironomus*), oligochete acvatice (*Tubifex*), moluște bivalve (*Anodonta*, *Unio*, *Dreissena*), gastropode (*Viviparus*) și crustacee amfipode (*Gammarus*), respectiv unele polichete.

După stabilizarea ecosistemului, se pot distinge: o zonă litorală, cu chironomide și oligochete în primul rând, o zonă mai profundă, neafectată de variațiile de nivel unde fauna este foarte mozaicată, dominând oligochetele asupra chironomidelor și zona profundă, cu temperaturi scăzute la peste 10 m adâncime, unde domină *Tubifex* și un număr mai mic de chironomide.

Bacteriobentosul este deosebit de bine dezvoltat, atât prin bacteriile aerobe, cât și anaerobe.

Producția biocenozelor din lacurile de acumulare este în general, inferioară, comparativ cu lacurile naturale, datorită slabei reprezentări a autotrofelor, astfel că fenomenul de destrucție, consum, depășește pe cel de sinteză a materiei organice, pe seama celei alohtone (consumul depășește producția datorită aportului de material alohton).

## 2. IAZURI ȘI ELEȘTEE

Iazurile și eleșteele reprezintă o altă categorie de ecosisteme artificiale create în scopuri economice, dar uneori și de agrement

### Caracterizare și clasificare

**Iazurile** reprezintă acumulări relativ mici de apă formate prin îndiguirea sau stăvilirea apei unui râu sau pârâu printr-un baraj de pământ, piatră, beton. Scopul în care se construiesc este, în primul rând, de natură economică pentru piscicultură, dar pot fi utilizate și pentru irigarea terenurilor agricole, sursă de apă pentru animale sau pentru morărit. Există și iazuri naturale, construite de animale (castori) sau prin prăbușiri sau lăsări de teren naturale, asociate cu solubilizarea rocilor superioare.

Iazurile au formă alungită, dimensiuni nu prea mari, cu o zonă litorală bine reprezentată, de adâncimi mici, astfel că nu există deosebiri mari între zona de suprafață și cea profundă a apei. Cele piscicole sunt astfel construite ca șuvoiul de apă să nu le străbată direct, pentru a preveni măcar parțial transportul substanțelor nutritive și respectiv, colmatarea lor. În funcție de structura terenului se pot construi în cascadă, prin mai multe baraje.

În România s-au construit astfel de iazuri piscicole în Podișul Moldovei, Podișul Transilvaniei și Cîmpia Română – zone de cîmpie, deal, piemont.

**Eleștee** spre deosebire de iazuri, acestea se construiesc numai în zone joase, de cîmpie, pe terenuri improprie agriculturii, respectiv soluri mlăștinoase și acide, avînd formă de patrulete sau lobate, suprafețe mici, ca și adîncimi mici: în Cîmpia Tisei, între Crișul Alb și Crișul Negru, în Podișul Getic și al Moldovei.

După sursa de alimentare cu apă și configurația terenului se disting următoarele tipuri de eleștee:

- eleștee cu alimentare din izvoare și pînza de apă freatică, în zone mlăștinoase;
- eleștee cu alimentare ombrofilă din precipitații sau ape de șiroire din terenurile învecinate, în zone bogate în precipitații și soluri impermeabile;
- eleștee cu alimentare dintr-o apă curgătoare prin devierea și captarea unei părți din debitul acesteia (nu se barează tot râul); sunt cele mai numeroase; sunt folosite pentru practicarea pisciculturii intensive, în special, dispuse în paralel pentru a evita contaminarea în caz de boli;
- eleștee amenajate în zonele muntoase pentru creșterea păstrăvului (salmonicultură), cu suprafețe mici, adîncimi foarte mici, formă alungită, cuvetă căptușită cu piatră sau beton (Stîna de Vale, Gilău).

Majoritatea eleșteelor au caracter nepermanent, sunt golite iarna, cu excepția celor de iernare pentru reproducători. Pentru a fi golite, fundul bazinului are o rigolă, un șanț de scurgere, sunt prezente grătarele pentru reținerea peștilor.

Iazurile și eleșteele piscicole prezintă un interes redus pentru limnologie (Odum, 1971), deoarece sunt ecosisteme create artificial, dirijate în sensul obținerii unei biomase ridicate, în detrimentul biodiversității. Prezintă însă un interes economic deosebit prin producția de pești.

**Proprietățile fizico-chimice ale apei** sunt în strînsă corelație cu al sursei de alimentare și natura substratului, dar și cu tehnologia aplicată pentru creșterea peștilor, de exemplu aport de materie organică rezultată din tehnologiile de hrănire a peștilor și igienizare, rezultînd eutrofizarea apei și apariția „înfloririlor” cu alge albastre-verzi sau uneori invadarea lor de către vegetația macrofită.

**Biocenozele** acestor ecosisteme acvatice sunt constituite mai ales din elemente euribionte, cosmopolite, capabile să suporte variații mari ale regimului termic, gazos și al celorlalte factori de mediu.

Fitoplanctonul este reprezentat mai ales de cloroficee (protococle) și cianoficee, dar și flagelate euglenoide, diatomee, dinoflagelate. Pentru cele din zona temperată specifice sunt genurile: *Microcystis*, *Aphanizomenon*, *Anabaena*, *Oscillatoria* (cianobacterii), *Scenedesmus*, *Pediastrum*, *Eudorina* (alge verzi), *Euglena*, *Phacus* (euglenofite) etc.

Distribuția fitoplanctonului este uniformă datorită adîncimii mici. „Înfloririle” apei cu cianobacterii - clorofite poate cauza dezechilibre și pierderi la producția de pește.

Zooplanctonul iazurilor și eleșteelor constă din rotifere, cladocere, copepode, respectiv numeroase ciliate. În zona temperată, compoziția și variația sezonieră a fitoplanctonului se corelează cu cea a zooplanctonului. Primăvara apar rotiferele și copepodele, vara cladocerele care își reduc efectivele toamna, cînd revin rotiferele și copepodele (Battes, 2011). Sunt, în general, elemente cosmopolite, euribionte.

Bacterioplanctonul este deosebit de dezvoltat pe seama materiei organice autohtone, dar și alohtone, rezultate din tehnologia creșterii peștilor.

Nectonul, în zona temperată cuprinde: ciprinipele – crap, caracudă, lin, babușcă, roșioara, oblețul și cîțiva răpitori – știuca și bibanul. În regiunile de cîmpie – ciprinipele, în zone montane – salmonide (păstrăv indigen, de lac, curcubeu). În general, urmărind dezvoltarea unui anume pește se suprimă unele verigi intermediare din lanțul trofic, favorizînd dezvoltarea celei care constituie sursa

de hrană a acesteia: fito-, respectiv zooplantonul. Vegetația macrofită este înlăturată. Se cresc numai fitofagi sau amestec de fitofagi cu zoofagi. Pentru o producție cât mai ridicată de pește se administrează și îngrășăminte organice care favorizează dezvoltarea zooplanctonului, respectiv furaje de natură vegetală sau animală.

Bentosul cuprinde cele trei verigi ale lanțului trofic. Producătorii primari pot fi atât micro-, cât și macrofitele. Macrofitele se dezvoltă mai ales în cele de câmpie, în măsura în care li se permite acest lucru. Sunt reprezentate de: *Phragmites*, *Typha*, *Scirpus*, *Carex*, *Potamogeton*, *Polygonum*, *Ceratophyllum*, *Myriophyllum* etc. Uneori prin dezvoltarea lor luxuriantă pot avea efecte negative prin consum de CO<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>, substanțe nutritive, astfel sunt eliminate prin cosiri sau smulgeri repetate (3 - 4 ori pe an). Masa rezultată poate fi utilizată ca îngrășământ pentru apa iazului sau eleșteului. Fauna din bentos este în general fitofilă, reprezentată de larve și insecte adulte, briozoare, spongieri, foarte abundente în vegetația submersă. Numărul speciilor bentonice este mic, reprezentat de specii de moluște: *Planorbis*, oligochete: *Tubifex*, diptere: *Culex*, odonate: *Aeshna*, coleoptere: *Dytiscus*, toate populând mai ales orizontul superficial al bentosului 10 - 20 cm. Variația circadiană este evidentă – ziua în partea inferioară, noaptea în partea superioară, pentru a se hrăni. Unele ierneză în substrat, la adâncimi variabile.

Bacteriile și grupele de ciuperci care realizează mineralizarea și descompunerea materiei organice sunt bine dezvoltate, atât pe seama materiei organice produse (autohtonă), cât și a celei alohtone rezultate din tehnologia de exploatare a acestor bazine acvatice. Se consumă mult mai mult decît se produce, astfel că raportul respirație (R)/producție (P) < 1 sau consumul (C) > producția (P).

## Bibliografie

- Allan, J.D., 1995, *Stream Ecology: structure and function of running waters*, Chapman & Hall, London, 1-388;
- Antipa, G., 1910, Regiunea inundabilă a Dunării. Starea ei actuală și mijloacele de a o pune în valoare, *Inst. Arte Graf. „Carol Göbl”*, București, 1-318;
- Avram, A., Cîmpean, M., 2011, Aquatic invertebrate drift in Someșul Cald River with special regards on Ephemeroptera taxa, *Studia Univ. Babeș-Bolyai, Biologia*, LVI, 1, 23-40;
- Battes, K.P., 2011, Ecologia microcrustaceelor planctonice (Crustacea: Cladocera, Copepoda) din bazine acvatice naturale (Lacul Știucii) și artificiale (Iazul Țaga Mare); Studiul structurii, dinamicii și biomasei comunității de crustacee zooplanctonice cu accent pe speciile comune, Ed. Presa Universitară Clujeană, 1-197;
- Battes, K.P., Momeu, L., 2011, The use of plankton community for assessing the ecological status of Lake Știucii, Nature Reserve (Transylvania, Romania), *Studia Univ. Babeș-Bolyai, Biologia*, LVI, 1, 59-68;
- Bănărescu, P., 1998, On the relations between hydrography and the range of freshwater fish species and subspecies, *Ital. J. Zool. Vol. 65 (Suppl.)*, 87-93;
- Botnariuc, N., 2003, Evoluția sistemelor biologice supraindividuale, Ed. Acad. Rom., București, 1-237;
- Broeker, W.S., 1989, The biggest chill, in: White, J.C. (ed.), *Global climate change linkages*, Elsevier, 13-22;
- Brönmark, C., Hansson, L.A., 2008, The biology of lakes and ponds, Ed. 2, in: Crawley, M.J., Little, C., Southwood, T.R.E., Ulfstrand, S. (ed.), *Biology of habitats*, Oxford University Press, Oxford, 1-285;
- Carpenter, S.R., Kitchell, J.F., Hodgson, J.R., 1985, Cascading trophic interactions and lake productivity, *BioScience* 35, 634-639;
- Căraș, I., 1969, Fitoplanctonul lacului de acumulare Bicaz, *Lucr. Staț. Biol. Geogr. „Stejarul”*, 2, Pîngărați;
- Căraș, I., 1970, Date asupra microdistribuției orizontale a fitoplanctonului în lacul de baraj Bicaz: interpretare sub raport metodologic (I), *Lucr. Staț. Cercet. „Stejarul”*, 3, 251-257;
- Ciubuc, C., 2009, The Water Framework Directive and the research methodology from macroinvertebrate communities, *Studia Univ. Babeș-Bolyai, Biologia*, 54, 1, 33-42;
- Cîmpean, M., Battes, K.P., Momeu, L., 2011, Hidrobiologie, ape continentale, ghid de lucrări practice, Ed. Presa Universitară Clujeană, 1-109;
- Cole, G.A., 1983, *Textbook of limnology*, Ed. 3, The C.V. Mosby Company, St. Louis, 1-401;
- Cogălniceanu, A., Cogălniceanu, D., 1998, Energie, economie, ecologie, Ed. Tehnică, București, 1-340;
- Cowardin, L.M., Carter, V., Golet, F.C., LaRoe, E.T., 1979, Classification of wetlands and deepwater habitats of the United States, U. S. Department of the Interior, Fish and Wildlife Service, Washington D.C., 1-131;
- Dodds, W.K., 2002, *Freshwater ecology, concepts and environmental applications*, Academic Press, Elsevier Science Imprint, San Diego, 1-569;
- Ettl, H., 1978, Xanthophyceae, Teil 1, in: Ettl, H., Gerloff, J., Heynig, H. (ed.), *Süsswasserflora von Mitteleuropa*, Gustav Fischer Verlag, Jena;
- Ettl, H., 1983, Chlorophyta I, Phytomonadina, in: Ettl, H., Gerloff, J., Heynig, H., Mollenhauer, D. (ed.), *Süsswasserflora von Mitteleuropa*, Gustav Fischer Verlag, Stuttgart;
- Ettl, H., Gärtner, G., 1988, Chlorophyta II, Tetrasporales, Chlorococcales, Gloeodendrales, in: Ettl, H., Gerloff, J., Heynig, H., Mollenhauer, D. (ed.), *Süsswasserflora von Mitteleuropa*, Band 10, Gustav Fischer Verlag, Jena;
- Fisher, S.G., Grimm, N.B., Marti, E., Holmes, R.M., Jones, J.B. Jr., 1998, Material spiraling in stream corridors: a telescoping ecosystem model, *Ecosystems*, 1, 19-34;
- Forel, F.A., 1892, *Le Léman: monographie limnologique*, tome: Géographie, hydrographie, géologie, climatologie, hydrologie, 1-543, Lausanne, F. Rouge, reprinted Genève, Slatkine Reprints (1969);
- Frances, P., Guerrero, A.G. (ed.), 2006, *Ocean: the world's last wilderness revealed*, Dorling Kindersley Limited, London, 1-512;
- Gibert, J., Stanford, J., Dole-Olivier, M.J., Ward, J.V., 1994, Basic attributes of ground water ecosystems and prospects for research, in: Gibert, J., Danielopol, D.L., Stanford, J. (ed.), *Groundwater Ecology*. Academic Press, San Diego, California, 7-40;
- Giller, P.S., Malmqvist, B., 2006, The biology of streams and rivers, in: Crawley, M.J., Little, C., Southwood, T.R.E., Ulfstrand, S. (ed.), *Biology of habitats*, Oxford University Press, Oxford, 1-296;
- Giștescu, P., 1971, Lacurile din România – limnologie regională, Ed. Academiei Române, București;
- Goldman, C.R., 1972, The role of minor nutrients in limiting the productivity of aquatic ecosystems, in: Likens, G.E. (ed.), *Nutrients and eutrophication: the limiting-nutrient controversy*, ASLO Special Symposia, 1, American Society of Limnology and Oceanography, Lawrence, Kansas, 21-38;
- Gudas, C., 2004, Diversitatea, dinamica și producția primară a fitoplanctonului din Lacul Știucii (Rezervație Naturală Județul Cluj), teză de doctorat, Universitatea Babeș-Bolyai, Cluj-Napoca, 1-181;
- Håkan, R., Jeglum, J., 2006, The biology of peatlands, in: Crawley, M.J., Little, C., Southwood, T.R.E., Ulfstrand, S. (ed.), *Biology of habitats*, Oxford University Press, Oxford, 1-348;
- Hauer, F.R., Lamberti, G.A., 2007, *Methods in stream ecology*, Ed. 2, Elsevier, Amsterdam, 1-877;

- Hăulică, I., Bild, W., Lupușoru, C., Iliescu, R., Năstase, V., 1997, Efectele biologice ale apei săracite în deuteriu, Simp. Progrese în Criogenie și Separarea Izotopilor, Călimănești;
- Hensen, V., 1887, Über die Bestimmung des Planktons oder des in Meere treibenden Materials on Pflanzen and Thieren, Ber. Kommn Wiss. Unters. dt. Meere, 5, 1-109;
- Horne, A.J., Goldman, C.R., 1994, Limnology, Ed. 2, McGraw-Hill New York, 1-576;
- Huber-Pestalozzi, G., 1955, Das Phytoplankton des Süßwasserflora, Teil 4: Euglenophyceen, E. Schweizerbartische Verlagsbuchhandlung, Stuttgart;
- Hutchinson, G.E., 1957, A treatise on limnology, Geography, physics and chemistry, vol. I, Willey, New York, 1-1015;
- Hutchinson, G.E., 1967, A treatise on limnology, Introduction to lake biology and the limnoplankton, vol. II, Willey, New York, 1-1115;
- Hutchinson, G.E., 1975, A treatise on limnology, Limnological Botany, vol. III, Willey, New York, 1-660;
- Hutchinson, G.E., Löffler, H., 1956, the thermal classification of lakes, Proc. Nat. Acad. Sci., Washington, 42, 84-86;
- Junk, W.J., Bayley, P.B., Sparks, R.E., 1989, The flood pulse concept in river-floodplain systems, in: Dodge, D.P. (ed.), Proceedings of the International Large River Symposium, Can. Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci., 106, 110-127;
- Kolkwitz, R., Marson, M., 1908, Ökologie der planfzlichen Saprobien, Berichte der Deutschen Botanischen Gesellschaft, 26, 505-519;
- Kolkwitz, R., Marson, M., 1909, Ökologie der tierichen Saprobien, International Review of Hydrobiology, 2, 126-152;
- Komárek, J., Anagnostidis, K., 1998, Cyanoprokaryota, Teil 1, Chroococcales, in: Ettl, H., Gärtner, G., Heynig, H., Mollenhauer, D. (ed.), Süßwasserflora von Mitteleuropa, 19/1, Gustav Fischer Verlag, Jena;
- Komárek, J., Anagnostidis, K., 2005, Cyanoprokaryota, Teil 2, Oscillatoriales, in: Budel, B., Krienitz, L., Gärtner, G., Schagerl, M. (ed.), Süßwasserflora von Mitteleuropa, Elsevier Spektrum Akademischer Verlag;
- Komárek, J., Fott, B., 1983, Das Phytoplankton des Süßwasser, Chlorophyceae: Chlorococcales, E. Schweizerbartische Verlagsbuchhandlung, Stuttgart;
- Krammer, K., Lange Bertalot, H., 1988, Süßwasserflora von Mitteleuropa, Band 2, Bacillariophyceae, Teil 2, Gustav Fischer Verlag, Jena;
- Krammer, K., Lange Bertalot, H., 1991, Süßwasserflora von Mitteleuropa, Band 2, Bacillariophyceae, Teil 3, Gustav Fischer Verlag, Jena;
- Lee, R.E., 2008, Phycology, Ed. 4, Cambridge University Press, 1-547;
- Liebmann, H., 1962, Handbuch der Frischwasser und Abwasserbiologie, Oldenbourg, München;
- Lindstrom, K., Rhode, W., 1977, Selenium as a micronutrient for the dinoflagellate *Peridinium cinctum* fa. *westii*, Verh. Int. Ver. Limnol., 21, 168-173;
- Lundin, L.C. (ed.), 2000, Water Use and Management, Book II, Ed. 2, The Baltic University Programme, Uppsala University, Ditt Tryckeri i Uppsala AB;
- Marchetti, M., Panizza, M., 2003, Hydrogeology, in: Stoch, F. (ed.), Italian habitats 5, Mountains Streams, Life in running waters, Museo Friulano di Storia Naturale, Udine, 1-159;
- Mălăcea, I., 1969, Biologia apelor impurificate, Ed. Academiei R.P.R., 1-240;
- Miron, I., Cărăuș, I., Măzăreanu, C., Apopei, V., Grasu, C., Ichim, I., Mihăilescu, F., Rujinschi, R., Rujinschi, C., Simalsik, F., Misăilă, C., Tăruș, T., Apetroaiei, N., 1983, Lacul de acumulare Izvorul Muntelui – Bicz. Monografie limnologică, Ed. Academiei R.S.R, București;
- Mitsch, W.J., Gosselink, J.G., 1993, Wetlands, Ed. 2, Van Nostrand Reinhold, New York;
- Momeu, L., 2009, Problems concerning the invasive species from continental aquatic ecosystems Case study: *Didymosphenia geminata* (Lyngb.) M. Schmidt, in: Rákossy, L., Momeu, L. (ed.), Neobiota din România, Ed. Presa Universitară Clujeană, 11-30;
- Momeu, L., Péterfi, L.Ș., 2007, Water quality evaluation of the drainage basin of the Arieș River, using epilithic diatoms as bioindicators, Contribuții Botanice, XLII, 57-65;
- Momeu, L., Péterfi, L.Ș., 2009, Assessment of the ecological state of rivers based on benthic algae, especially diatoms, Studia Univ. Babeș-Bolyai, Biologia, 54, 1, 7-20;
- Momeu, L., Chișe, C., Péterfi, L.Ș., 2006, Planktonic algal communities of the Țaga Mare fishpond (Cluj County, Romania), Contribuții Botanice, XLI(2), 83-92;
- Naumann, E., 1932, Grundzuge der regionalen Limnologie, Die Binnengewässer, 11, 1-176
- Negrea, Ș., Negrea, A., Ardelean, A., 2004, Biodiversitatea în mediile subterane din România, „Vasile Goldiș” Univ. Press, Arad, 1-248;
- Newbold, J.D., Elwood, J.W., O'Neill, R.V., Sheldon, A.L., 1983, Phosphorus dynamics in a woodland stream ecosystem: a study of nutrient spiralling, Ecology, 64, 1249-1265;
- Newson, M., 1994, Hydrology and the river environment, Clarendon Press, Oxford;
- Nicoară, M., Ureche, D., 2008, Ecologie Acvatică, Ed. 2, Editura Pim, Iași, 1-274;

- Odum, E., 1971, *Fundamentals of ecology*, Ed. 3, Saunders Company, 1-573;
- Paine, R.T., 1980, Food webs: linkage, interaction strength and community infrastructure, *J. Anim. Ecol.*, 49, 667-685;
- Papadopol, M., 1978, Hidrobiologie, limnologie biologică, Universitatea din București, 1-177;
- Patrick, R., Crum, B., Coles, J., 1969, Temperature and manganese as determining factors in the presence of diatom or blue-green algal floras in streams, *Proc. Nat. Acad. Sci. U.S.A.*, 64, 472-478;
- Pop, E., 1960, Mlaștinile de turbă din Republica Populară Română, Ed. Academiei R.P.R., 1-511;
- Pora, A.E., Oros, I., 1974, Limnologie și oceanologie, Hidrobiologie, Ed. Didactică și Pedagogică, București, 1-390;
- Pricope, F., 1999, Hidrobiologie, Ed. Ion Borcea, Bacău, 1-208;
- Pricope, F., 2007, Hidrobiologie, Ed. 2, Ed. Rovimed Publishers, Bacău, 1-204;
- Pricope, F., Apetroaiei, M., Batters, K.W., 1998, Researches on the upgrading of maintenance feeders with biostimulators at rainbow trout during winter, *Studii și Cercetări Științifice, Biologie, Univ. Bacău*, 3, 239-242;
- Pricope, F., Batters, K.W., Petrovici, M., 2007, Hidrobiologie, *Lucrări practice*, Ed. Alma Mater, Bacău, 1-143;
- Racoviță, E., 1907, Essai sur les problèmes biogéologiques, *Arch. de Zool. Exp. et Gen.*, IV, VI, 373-488;
- Ramade, F., 1993, *Dictionnaire encyclopédique de l'écologie et des sciences de l'environnement*, Ediscience International, Paris, 1-832;
- Ramade, F., 1994, *Éléments d'écologie - Écologie fondamentale*, Ed. 2, Ediscience International, Paris, 1-586;
- Ramade, F., 2002, *Dictionnaire encyclopédique de l'écologie et des sciences de l'environnement*, Ed. 2, Dunod, Paris, 1-1075;
- Rasiga, A., Momeu, L., Péterfi, L.Ș., 1999, Composition and structure of algal communities of the River Someș Basin, in: Kiss, S.K., Hamar, J. (ed.), *The Someș River Valley*, TISCIA monograph series, 143-177;
- Roșu, C., 2006, Bazele chimiei mediului: elemente teoretice și aplicații practice, Casa Cărții de Știință, 1-308;
- Rott, E. (coord.), 1997, Indikationslisten für Aufwuchsalgen in Österreichischen Fließgewässern, Teil 1: Saprobielle indikation, Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Wien, 1-73;
- Ruttner, F., 1963, *Fundamentals of limnology*, Toronto University Press, Canada, 1-307;
- Savilov, A.I., 1958, Pleuston of the western Pacific, *Doklady Akad. Nauk SSSR*, 122, 6, 1014-1017;
- Schneider, E., 2009, Aquatic macrophytes in the Danube Delta - indicators for water quality and habitat parameters, *Studia Univ. Babeș-Bolyai, Biologia*, 54, 1, 21-32;
- Sigee, D.C., 2005, *Freshwater microbiology, Biodiversity and dynamic interactions of microorganisms in the aquatic environment*, John Wiley and Sons, 1-524;
- Sládeček, V., 1973, System of water quality from the biological point of view, *Arch. Hydrobiol. Ergebn. Limnol.*, 7, 1-218;
- Strahler, H.N., 1957, Quantitative analysis of watershed geomorphology, *Am. Geophys. Union Trans.*, 33, 913-920;
- Starmach, K., 1985, Chrysophyceae und Haptophyceae, in: Ettl, H., Gerloff, J., Heynig, H., Mollenhauer, D. (ed.), *Süßwasserflora von Mitteleuropa*, Gustav Fischer Verlag, Jena;
- Surugiu, V., 2008, Limnobiologie și saprobiologie, compendiu de lucrări practice, Ed. Tehnopress, Iași, 1-331;
- Surugiu, V., 2009, An overview of the methods used in the assessment of the marine environmental quality, based on the analysis of the zoobenthos, *Studia Univ. Babeș-Bolyai, Biologia*, 54, 1, 79 - 95;
- Thienemann, A., 1925, *Die Binnengewässer Mitteleuropas: eine Limnologische Einführung*, Die Binnengewässer 1, 1-255;
- Török, Z., 2000, Zonele Umede din România - Tipuri, Importanță (Wetlands of Romania - types, importance), *Petarda* 5/2000, Tulcea;
- Tudorancea, C., Taylor, W.D. (ed.), 2002, *Ethiopian rift valley lakes*, Backhuys Publishers, 1-289;
- Ujvari, I., 1959, *Hidrografia R.P.R.*, Ed. Științifică, București;
- Ujvari, I., 1972, *Geografia apelor României*, Ed. Științifică, București;
- Van der Valk, A.G., 2006, The biology of freshwater wetlands, in: Crawley, M.J., Little, C., Southwood, T.R.E., Ulfstrand, S. (ed.), *Biology of habitats*, Oxford University Press, Oxford, 1-173;
- Vannote, R.L., Minshall, G.W., Cummins, K.W., Sedell J.R., Cushing C.E., 1980, The river continuum concept, *Can. J. Fish. Aqu. Sci.*, 37, 130-137;
- Voicinco, N., Momeu, L., 2005, Water quality evaluation in Transylvanian rivers based on the Diatom Biological Index (DBI), *Studii și Cercetări, Biologie, Univ. Bacău*, 10, 73-76;
- Wacker, G., Kaiser, M., 2007, China debates green GDP and the future development model, *China Brief*, 16;
- Waters, T.F., 1972, The drift of stream insects, *Annual Review of Entomology*, 17, 253-272;
- Wetzel, R.G., 1983, *Limnology*, Ed. 2, Sanders College Publishing, 1-767;
- Wetzel, R.G., 2001, *Limnology, Lake and river ecosystems*, Ed. 3, Acad. Press, San Diego, 1-1006;
- Williams, M. (ed.), 1990, *Wetlands: A threatened landscape*, Blackwell, Oxford, UK;
- Zelinka, M., Marvan, P., 1961, Zur Präzisierung der biologische Klassifikation der Reinheit fließender Gewässer, *Arch. Hydrobiol.*, 57, 389-407.





ISBN: 978-606-37-0321-8